



VNIVERSIDAD  
D SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BEJAR.

# Trabajo Fin de Grado en Electrónica Industrial y Automática.

RODILLO AUTO-GENERADOR

Self-Generator Roller

**Autor:** Rubén Hernández Martín

**Tutor:** José Torreblanca

**Julio 2018**



D. Rubén Hernández Martín, autor del presente proyecto, comparte su autoría con su tutor D. José Torreblanca González, para los efectos que pudieran derivarse de su utilización para posteriores trabajos o proyectos fin de carrera.

Por lo tanto, tiene toda mi autorización para poder reproducir, copiar y modificar dicho proyecto.

Béjar, Junio de 2018.

Fdo. D. Rubén Hernández Martín.





## RESUMEN

El propósito principal del presente proyecto es diseñar y verificar el funcionamiento de una máquina que trabaje como un rodillo auto-generador capaz de ajustarse al entrenamiento de un ciclista mediante una aplicación móvil que se comunicará vía Bluetooth con el microcontrolador, teniendo a su vez un sistema de recuperación de energía eléctrica que podrá utilizarse a voluntad para enchufar distintos consumidores eléctricos como la alimentación de un ordenador, la carga de un Smartphone, etc.

Como elementos de partida, tenemos un rodillo puramente mecánico al que le hemos acoplado un alternador de automoción. Para controlar el par resistente se ha utilizado la programación del microcontrolador PIC 16F877A con la salida PWM que actuará sobre la excitación del rotor. La programación la hemos realizado con el programa MPLAB de Microchip en lenguaje ASM.

Otro de los elementos de partida es la batería que hace de acumulador de carga y resulta imprescindible ya que necesitamos cierta energía para iniciar la actividad, alimentando la electrónica de control y la propia excitación del rotor.

Otro propósito es realizar el trabajo con el mayor número de piezas recicladas posibles para dar una segunda vida a éstas y a su vez abaratar costes en el proyecto. Respecto a esto, algunas de las piezas son de segunda mano y otras las hemos conseguido de aparatos desguazados o similares que ya no pueden cumplir los requisitos para los que fueron fabricados.

En cuanto a la aplicación móvil, se ha desarrollado en la plataforma online App Inventor 2. Consta principalmente de un deslizador manual para variar el par en porcentaje de 0 a 100 y además se monitoriza en pantalla distintas variables como el voltaje de la batería, amperios producidos, potencia eléctrica, km/h, Km totales, etc. También dispone de un botón que simula un puerto de montaña de manera automática, modificando el par resistente dependiendo del km alcanzado sin que el usuario tenga que hacer más que pedalear.



# ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>IV</b>
<b>MEMORIA.....</b>	<b>7</b>
<b>1. Capítulo I: Introducción.....</b>	<b>8</b>
1.1.- Antecedentes. ....	8
1.2.- Objetivos. ....	9
1.3.- Elección justificada de la solución.....	9
<b>2. Capítulo II: Auto-generator.....</b>	<b>11</b>
2.1.-Alternador de automoción. ....	11
2.1.1.-Uso del alternador. ....	12
2.2.-Funcionamiento.....	12
2.2.1- Producción del campo magnético en el rotor.....	16
2.2.2.-Identificación y curvas del alternador.....	20
2.3.- Bicicleta y el ser humano. ....	21
2.4.- Componentes principales del auto-generator. ....	25
2.4.1- Rodillo B´twin: ....	25
2.4.2.- Alternador:.....	27
2.4.3.- Multiplicadora: ....	27
2.4.4- Controlador del par.....	29
2.5.- Adaptaciones y ajustes mecánicos. ....	34
2.5.1-Cambio de rodamientos. ....	35
2.5.2.- Preparación de la reductora como multiplicador.....	35
2.5.3.- Reducción de ejes y montaje de acoplamientos rígidos.....	40
2.5.4.- Soporte de alternador y centrado de la reductora. ....	42
2.6.- Adaptaciones y ajustes eléctricos. ....	46
2.6.1- Cálculo de secciones. ....	50
2.6.2.- Protección contra sobreintensidades y cortocircuitos.....	52
2.7.- Adaptaciones y ajustes electrónicos. ....	54
<b>3. Capítulo III: Sistema de control .....</b>	<b>59</b>
3.1.- PIC 16F877A.....	59
3.1.1- Arquitectura diagrama de conexiones e instrucciones. ....	62
3.1.2.- Comunicación serie USART. ....	65
3.1.3.- MPLAB y entorno de programación:.....	66
3.1.4.- Pic Simulator Ide. ....	86
3.2.- Modulo Bluetooth HC05. ....	88
3.3.- Aplicación Android y App Inventor. ....	90
3.3.1.- Entorno App Inventor. ....	90
3.4.-Otros programas utilizados para el desarrollo e implementación de la parte Electrónica.....	96
<b>4. Capítulo IV: Resultado Final .....</b>	<b>99</b>
4.1.- Programa en Ensamblador (Diagrama de Flujo). ....	99
4.2.- Par generado automáticamente (App Inventor).....	101
<b>5. Anexo de cálculos a la memoria .....</b>	<b>106</b>
5.1.- Cálculo de secciones: ....	107
5.2.- Cálculo de fusibles: ....	107
5.3.- Cálculo de revoluciones: ....	108
5.4.- Cálculo en programación. ....	109
5.4.1.- Velocidad en km/h.....	109

5.4.2.- Km totales. ....	110
5.4.3.- Intensidad.....	110
<b>PLANOS.....</b>	<b>112</b>
Plano Nº 1.....	113
Plano Nº 2.....	114
Plano Nº 3.....	115
Plano Nº 4.....	116
Plano Nº 5.....	117
Plano Nº 6.....	118
Plano Nº 7.....	119
Plano Nº 8.....	120
Plano Nº 9.....	121
Plano Nº 10.....	122
Plano Nº 11.....	123
Plano Nº 12.....	124
<b>PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>125</b>
<b>1. Condiciones generales. ....</b>	<b>126</b>
1.1.- Objeto.....	126
1.2.- Documentos.....	126
1.3.- Número de copias autorizadas.....	126
1.4.- Pliego de condiciones constructivas o específicas.....	126
1.4.1.- Descripción del producto.....	126
1.4.2.- Estructura del Rodillo Auto-generator.....	127
1.4.3.- Alternador.....	127
1.4.4.- Electrónica de control.....	128
1.4.5.- Sensores de la máquina.....	128
1.5.- Materiales.....	128
1.5.1.- Software necesario.....	129
1.5.2.- Elementos de la parte mecánica.....	129
1.5.3.- Componentes de la electrónica.....	130
1.5.4.- Herramientas utilizadas.....	130
1.6.- Pasos a realizar para el correcto manejo del Rodillo Auto-Generador.....	130
1.6.1.- Cuando se acopla la bicicleta.....	131
1.6.2.- Cuando se inicia el entrenamiento.....	131
1.6.3.- Al finalizar el entrenamiento.....	132
1.6.4.- Mantenimiento de la máquina.....	132
<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>133</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>136</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>139</b>
<b>SEGURIDAD LABORAL.....</b>	<b>142</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>143</b>
1.- Soldadura.....	143
1.1.- Características técnicas de la soldadura: .....	144
1.2.- Riesgos y factores de riesgo.....	145
1.3.- Sistemas de prevención y protección.....	146
1.4.-Prohibiciones:.....	147
1.5.- Equipo de protección individual.....	148
2.- Taladro manual.....	148
2.1.- Riesgos.....	148

2.2.- Normas Generales. ....	148
2.3.- Protecciones colectivas. ....	149
2.4.- Equipos de protección individual. ....	149
3.- Amoladora o Radial. ....	149
3.1.- Riesgos:.....	150
3.2.- Normas generales:.....	151
3.3.- Equipos de protección individual.....	151
<b>ANEXOS.....</b>	<b>153</b>
<i>1.- Código para Pic en ASM. ....</i>	<i>154</i>
<i>2.- Código App Inventor para Android. ....</i>	<i>159</i>
<i>3.- Índice de Figuras. ....</i>	<i>162</i>
<i>4.- Índice de tablas. ....</i>	<i>165</i>



MEMORIA





# 1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

## 1.1- Antecedentes.

La idea de diseñar un rodillo auto-generator me surge visitando a un amigo semi-profesional en el ciclismo al verle entrenando en casa con un rodillo de entrenamiento el cual tenía acoplado un sistema de ventilación para crear el par resistente variable necesario para producir un entrenamiento eficaz.

Primeramente, pensé en acoplar a ese eje un alternador de automoción y simplemente que cargara una batería para después aprovechar esa energía con un inversor. A su vez, me di cuenta que necesitaba muchas revoluciones para poder acoplar un alternador de un coche y que de esta manera el par sería variable a razón del consumo que tuviéramos en el inversor. Por esta razón, el ciclista no podría regular eficazmente el par resistente para un entrenamiento de alto rendimiento.

Mirando los rodillos existentes en el mercado los hay muy diversos y cambian mucho dependiendo del precio.

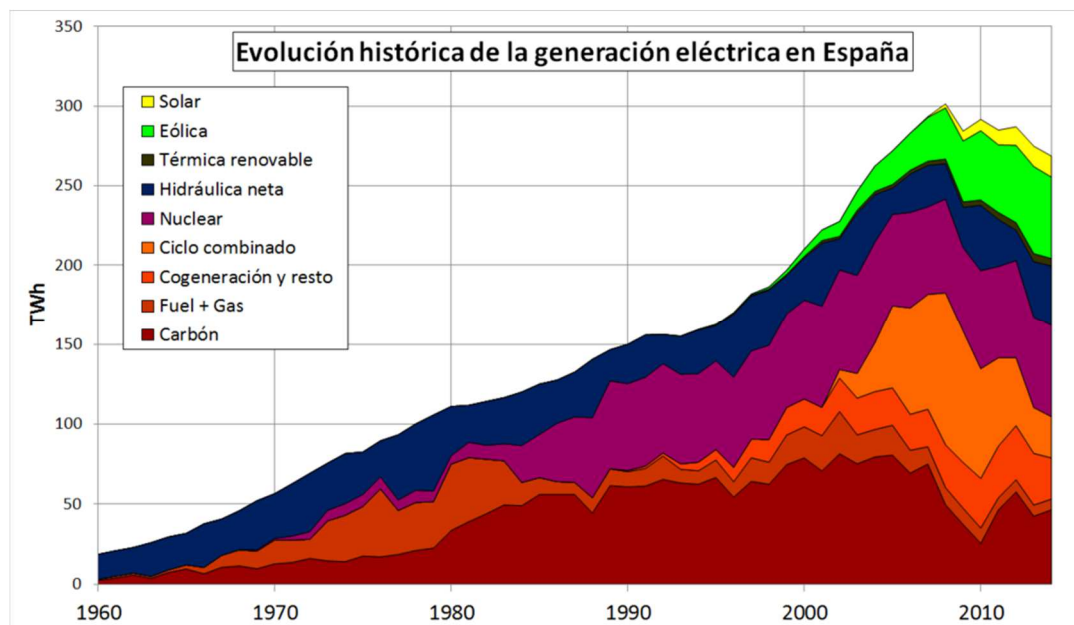
Ejemplo de ello es la empresa BKOOL que ofrece rodillos de alto rendimiento en los cuales existe un simulador que hace variaciones del par resistente dependiendo de la ruta elegida en el programa además de poder competir en red con otros deportistas.

Los rodillos de bajo coste se basan normalmente en que el par resistente es debido a la fricción regulable o a la variación del campo magnético con imanes permanentes que se controla en el manillar a través de una maneta con cable y su mecanismo es muy simple.

Por otro lado, existen prototipos y ciertos artilugios de producción de electricidad a través del pedaleo, muchos de los cuales no adaptan las revoluciones necesarias del generador y por supuesto el par resistente producido depende totalmente de la carga eléctrica conectada, así que no cumplen con los requisitos necesarios para realizar el entrenamiento de un ciclista.

A día de hoy se tienen muchos conocimientos tecnológicos sobre la electricidad y está muy en auge el tema medioambiental debido principalmente a los desastres naturales y el cambio climático junto con el precio que va cogiendo la factura de la luz, pero en realidad nadie se retrae en enchufar consumidores en casa. Si miramos la variación de consumo en nuestro país en los últimos 40 años veremos que a día de hoy tenemos aparatos mucho más eficientes pero nuestras necesidades han cambiado y la cantidad de aparatos electrónicos se ha multiplicado.

Por esta razón, cuando veo un rodillo de entrenamiento de alto coste en que el usuario ejerce una fuerza sobre los pedales para vencer el par resistente y resulta que este aparato consume energía de la red, me asalta la curiosidad de poder diseñar un aparato autónomo.



**Figura 1:** Evolución de la generación eléctrica de España [1]

## 1.2.- Objetivos.

Nuestra idea es realizar un prototipo de rodillo el cual sea una buena herramienta de entrenamiento capaz de producir un par resistente variable y adaptable a las necesidades del usuario y a su vez sea una máquina productora de electricidad que nos sirva para conectar aparatos cotidianos que utilizamos en casa. Sabemos también que a día de hoy no podemos competir con los fabricantes de rodillos en cuanto a diseño, peso, etc. ya que estamos muy limitados de presupuesto.

Sí nos gustaría hacer hincapié en la idea de hacer un rodillo autónomo que no consuma energía en casa, dado que la persona que está entrenando produce energía que podemos aprovechar. Como objetivos secundarios aprovecharemos para montar en el rodillo el máximo de piezas recicladas para un mayor respeto del medio ambiente dándole una segunda vida al formar parte de este proyecto.

## 1.3.- Elección justificada de la solución.

Básicamente partiremos de un rodillo totalmente mecánico al que acoplaremos un multiplicador para subir las rpm donde pondremos un alternador de automoción para producir corriente continua. Necesitamos una batería para poder almacenar la energía y un inversor para poder consumirla en alterna, ya que todos nuestros aparatos se conectan a la red que nos proporcionan las compañías eléctricas.

Para el control del par, necesitamos un microcontrolador que analice las distintas variables y regule la intensidad por la bobina del rotor que será la responsable final del control del par.

La elección del alternador de automoción, que es el componente básico del sistema, la hemos realizado sobre todo porque podemos variar fácilmente el campo magnético del rotor y de esta manera variar el par resistente; también porque ya incorpora puente de diodos y rectificador y nos saca corriente DC para cargar la batería.

Otra circunstancia de esta elección ha sido que teníamos un alternador de un coche dado de baja concretamente un Volkswagen del año 1990 y así le damos una segunda vida a la máquina.

Los alternadores han variado desde ese año, pero en esencia funcionan exactamente igual y para nuestra aplicación tenemos potencia suficiente.

Al tomar esta decisión uno de los problemas que acarrea es el nº de revoluciones a los que el alternador es más eficaz en su producción y esto hace que tengamos que poner un multiplicador para ajustar las rpm que tenemos en el rodillo con las consiguientes pérdidas en la transmisión de la multiplicadora.

Respecto al rodillo, partiremos de uno comprado de segunda mano vendido originalmente por la empresa Decathlon, en el que acoplaremos el multiplicador y el generador.

La elección de este rodillo totalmente mecánico ha venido condicionada por el objetivo de este proyecto que es crear y controlar un par resistente regulado en el alternador y no el diseño del chasis del cuerpo del rodillo por lo que preferimos partir de un componente que ya funciona para ese fin.

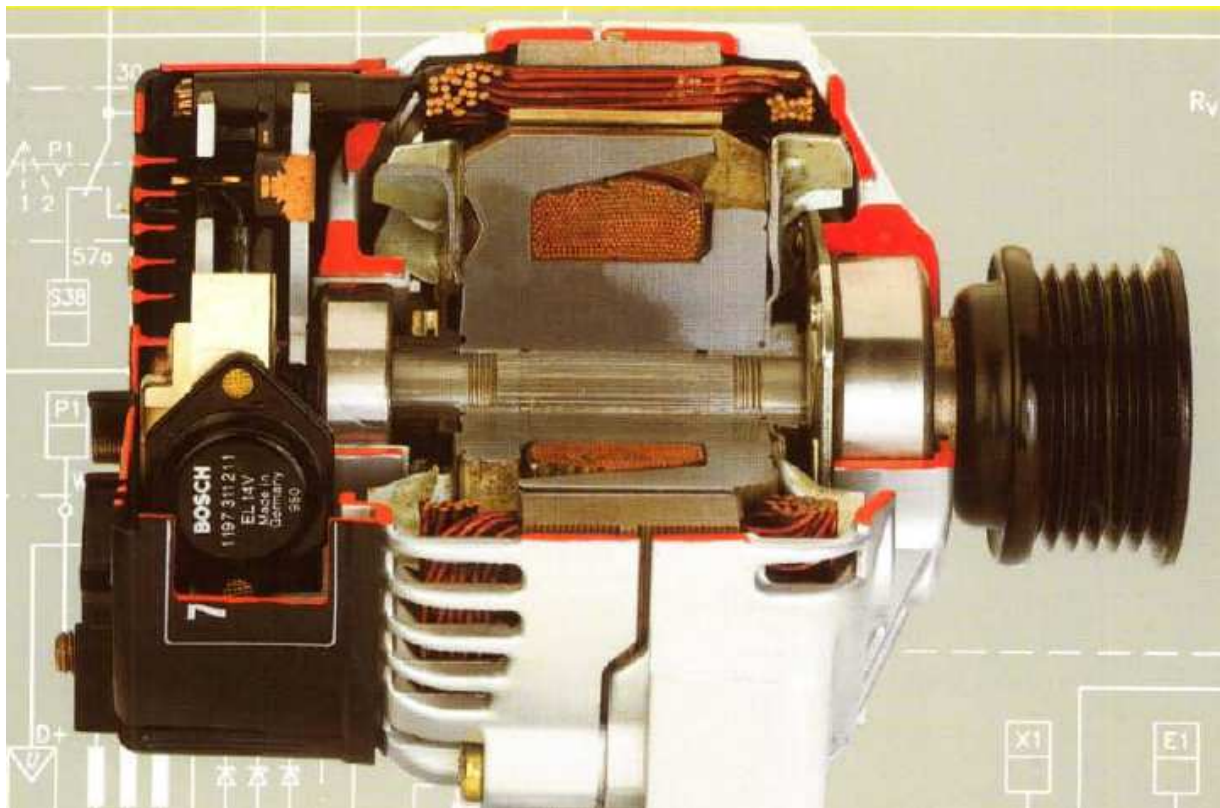


## 2. CAPÍTULO II: AUTO-GENERADOR.

### 2.1.-Alternador de automoción.

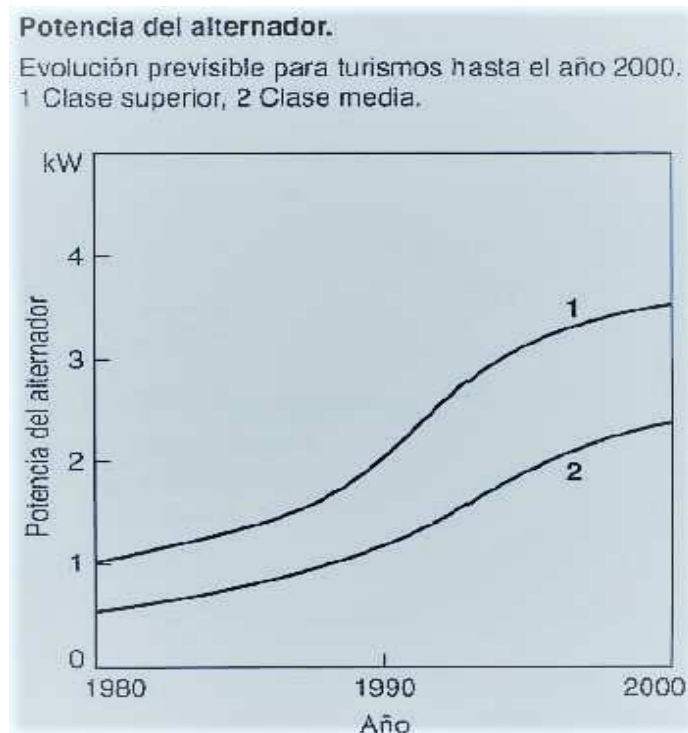
Las industrias de automoción producen vehículos cada vez más cómodos y seguros. Los procesos de arranque y alimentación también han evolucionado. Cada vez, mayor cantidad de accesorios eléctricos son incorporados a los vehículos como: elevalunas, cerraduras, aire acondicionado, dirección eléctrica, faros de largo alcance y muchos otros equipos que necesitan energía eléctrica para funcionar.

Cuanto más equipo eléctrico mayor es el consumo de energía eléctrica. Para atender a esta creciente demanda, los fabricantes ofrecen alternadores compactos, alta potencia para las más diversas aplicaciones para vehículos livianos y comerciales.



**Figura 2:** Vista del alternador Bosch año 2000 [2].

Del año 2000 en adelante ha evolucionado mucho la tecnología centrada en el bajo consumo y aunque los coches cada vez tienen mayor número de consumidores eléctricos, en muchos de ellos se ha bajado el gasto eléctrico.



**Figura 3:** Grafica de evolución de consumo eléctrico de un vehículo.

### 2.1.1.-Uso del alternador.

El alternador lo podríamos definir como la máquina que transforma la energía mecánica en energía eléctrica; en este caso la energía cinética se la proporciona el motor de combustión a través de una correa mediante una serie de poleas para ajustar las relaciones de transmisión. Por supuesto la conversión de energía no es al 100% y tenemos que hablar de rendimientos como veremos más adelante.

Desde 1970 hasta nuestros días la potencia del alternador se ha visto aumentada considerablemente. Con la introducción del alternador trifásico se pudo reducir el tamaño a pesar de aumentar su potencia y tener un margen más amplio de velocidades de rotación que era necesario para adaptarse a las grandes variaciones de carga de un motor de combustión. Quizás la mayor evolución que se ha producido en el alternador ha sido la que ha tenido el regulador debido a los avances tecnológicos de la electrónica industrial.

El uso del alternador está extendido al mundo del automóvil, maquinaria agrícola, vehículos industriales y en definitiva cualquier máquina con motor de combustión que se desplace y necesite una carga eléctrica para suministro de la batería.

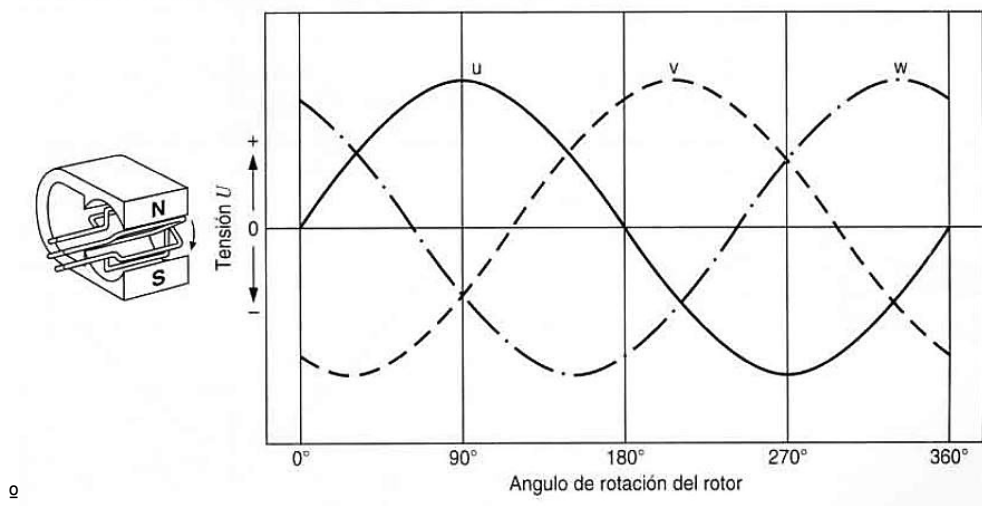
### 2.2.-Funcionamiento.

Vamos a partir del funcionamiento de un alternador síncrono trifásico el cual es capaz de producir corriente incluso a velocidades bajas del motor de combustión (ralentí) para cubrir la demanda de los consumos del vehículo y manteniendo el voltaje en la batería que hace de acumulador y amortiguador de carga.

El principio de funcionamiento se basa en la inducción electromagnética que tiene lugar debido a las líneas de fuerza del campo magnético del rotor que se cortan en las espiras del estator. El campo magnético producido en el rotor que gira por la acción del motor es alterno y regulable y produce el fenómeno de inducción en el estator produciendo la tensión inducida. Se utiliza un alternador de corriente trifásica porque permite un rendimiento mayor que el monofásico. Los devanados del estator están desplazados  $120^\circ$  y esto hace que las tensiones inducidas en él sean de la misma magnitud y frecuencia, pero desfasadas igualmente  $120^\circ$ .

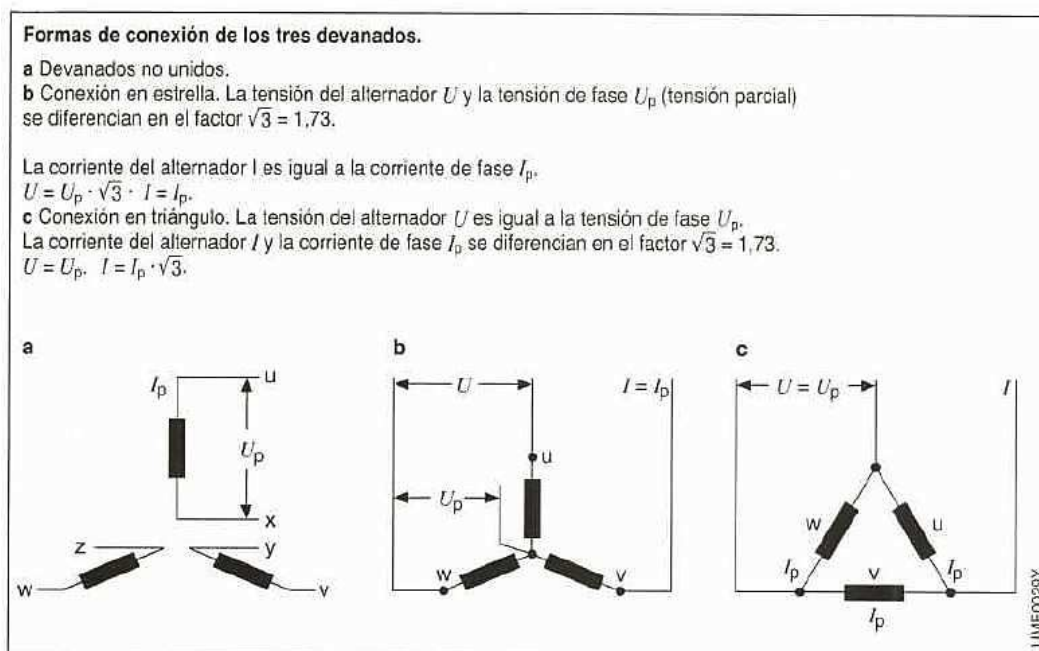
#### Tensión alterna trifásica inducida.

Curva de tensión con tres devanados en ángulo de  $120^\circ$  girando en el campo magnético. Del enlace de las distintas tensiones de fase resulta una tensión alterna trifásica.



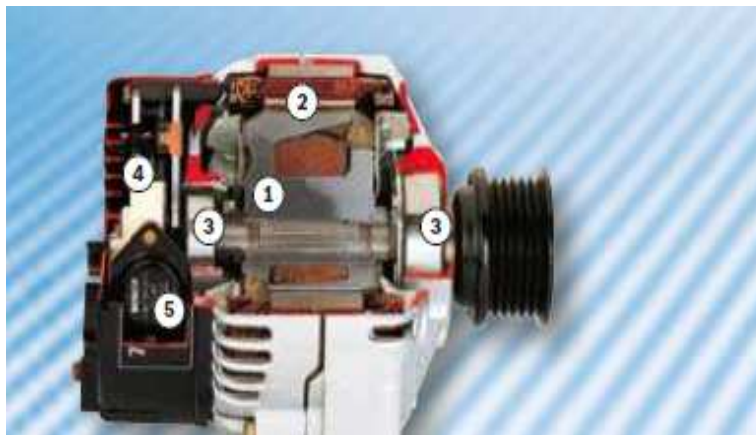
**Figura 4:** Tensión alterna inducida.

En el caso del alternador en estudio, el estator permanece inmóvil y es el que tiene los bobinados, concretamente 3 y en los que se induce la tensión trifásica mediante el campo magnético del rotor que es el que gira y regulamos mediante el circuito de excitación a través del regulador.



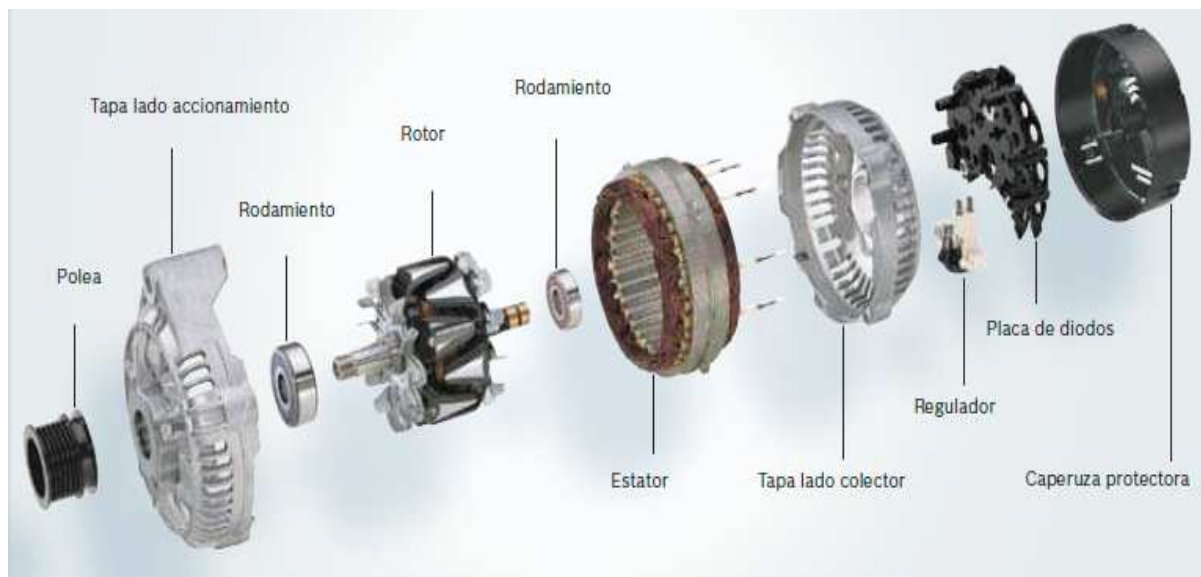
**Figura 5:** Formas de conexión de los devanados.





- 1 Rotor
- 2 Estator
- 3 Rodamientos
- 4 Conjunto rectificador
- 5 Regulador de tensión

**Figura 6:** Componentes del Alternador



**Figura 7:** Despiece del Alternador

Para poder usar la tensión producida en los devanados del estator, se hace necesario la rectificación de la misma ya que una corriente alterna trifásica es imposible almacenarla en la batería que funciona con una tensión nominal de 12 V DC además de todo el resto de circuitos en el vehículo, unidades de control, etc.

Para rectificarla se monta en el propio alternador el puente de diodos de doble onda que convierte la tensión trifásica en continua pulsatoria.

Estos diodos además de tener la función citada evitan que la batería se descargue a través de las bobinas estáticas cuando el alternador no produce corriente.

En alternadores más modernos que el que utilizamos se montan diodos Zener para proteger ante sobretensiones pico que se dan en el alternador.

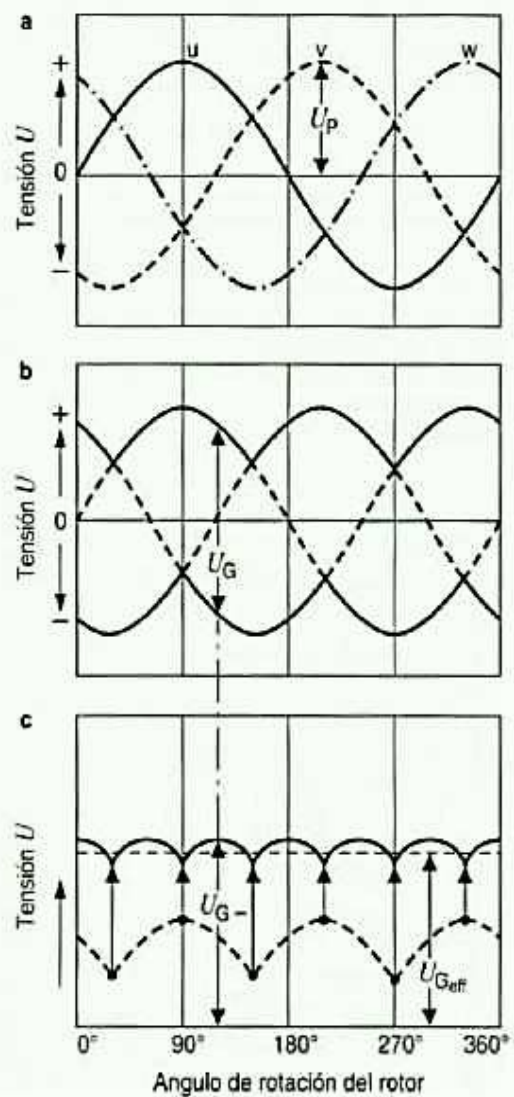
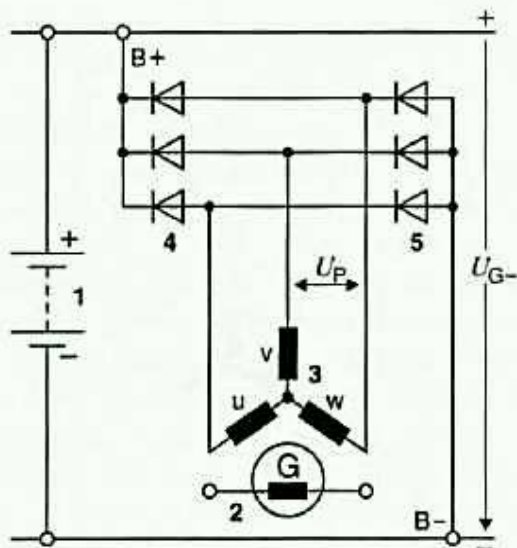




**Figura 8:** Conjunto rectificador.

#### Puente rectificador de corriente trifásica.

- a** Tensión alterna trifásica,
- b** Tensión del alternador, formada por las envolventes de las semiondas positivas y negativas,
- c** Tensión del alternador rectificadora.
- $U_P$  Tensión de fase
- $U_G$  Tensión en el rectificador (negativo no conectado a masa)
- $U_G$  Tensión continua del alternador (negativo a masa)
- $U_{Geff}$  Valor eficaz de la tensión continua
- 1 Batería,
- 2 Devanado de excitación,
- 3 Devanado estatórico,
- 4 Diodos positivos,
- 5 Diodos negativos.



**Figura 9:** Curvas del puente rectificador.

### 2.2.1- Producción del campo magnético en el rotor.

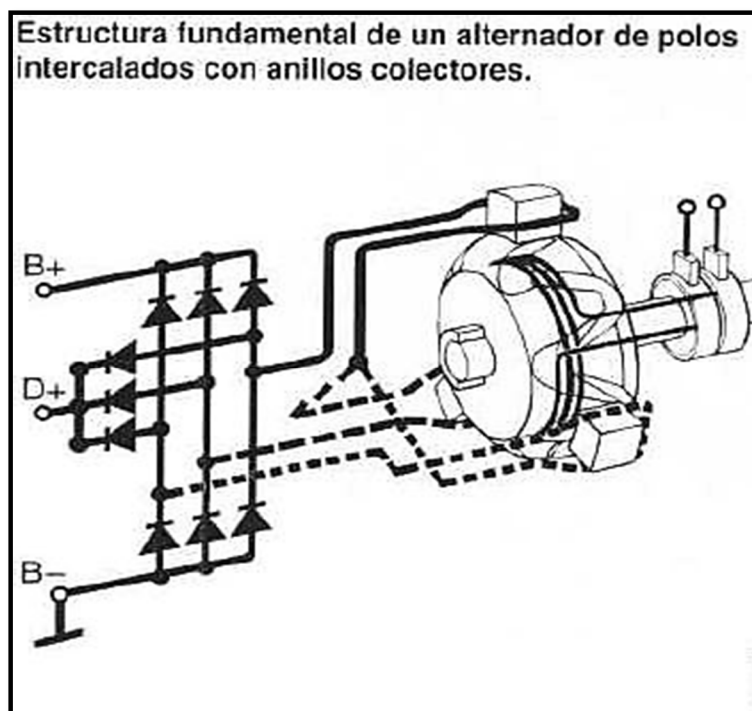
En el rotor podemos diferenciar 2 circuitos, de los cuales el primero es el de pre-excitación y el segundo el de excitación o autoexcitación.

La pre-excitación es necesaria debida a que el rotor por si solo y partiendo de velocidad 0 con el motor parado no produce campo magnético si no hacemos circular una corriente inicial por su bobina. El entrehierro tiene cierta remanencia, pero no la suficiente como para poder prescindir de este circuito.



**Figura 10:** Bobina del rotor.

**Rotor del alternador con bobinado para la pre-excitación y excitación. En la imagen derecha se está comprobando la continuidad de la bobina directamente en los anillos rozantes.**



**Figura 11:** Disposición de polos y anillos rozantes.



Figura 12: Circuito de pre excitación.

En esta imagen, si seguimos las flechas podemos observar el circuito de pre-excitación a través del interruptor 4 y la lámpara 3 que alimenta la bobina del rotor.

El testigo lumínico se apagará cuando en el borne D+ tengamos un voltaje producido por el alternador superior al de la batería.

La intensidad que pasa por la bobina del rotor G estará regulada por el regulador 2 y dependerá del voltaje de la batería.

Mediante los 3 diodos que marcamos en rojo en la imagen se consigue la autoexcitación para que el alternador una vez que empiece a producir, pueda auto-excitar el rotor sin tener que depender de la batería ya que el terminal B+ ya está conectado a la batería.

A estos 3 diodos se les llama rectificadores de corriente de excitación.

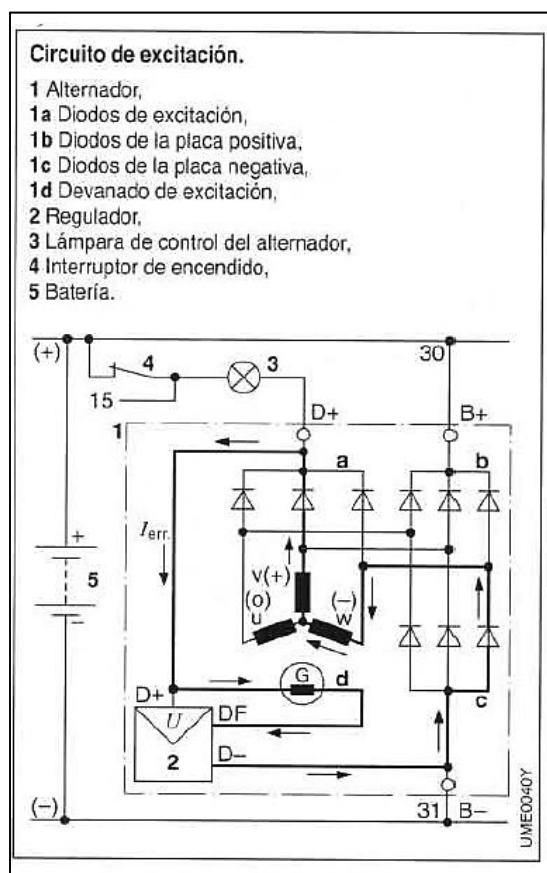


Figura 13: Circuito de excitación.

En el circuito de excitación de esta figura, siguiendo las flechas, recorremos el camino de la corriente hasta la bobina del rotor que al igual que en la pre-excitación el valor de dicha intensidad depende del regulador que controla en función del voltaje de la batería. Por el testigo lumínico no circulará corriente al estar el borne D+ polarizado positivamente con un mayor voltaje que el del acumulador.

Respecto al regulador del alternador ha experimentado grandes cambios a lo largo de los años debido al avance tecnológico en los semiconductores aplicados a la electrónica de potencia. Con ello se consiguen rendimientos altos y cargas sofisticadas para mayor durabilidad de las baterías con las tensiones más estables en los circuitos.





**Figura 14:** Distintas versiones de reguladores con escobillas.

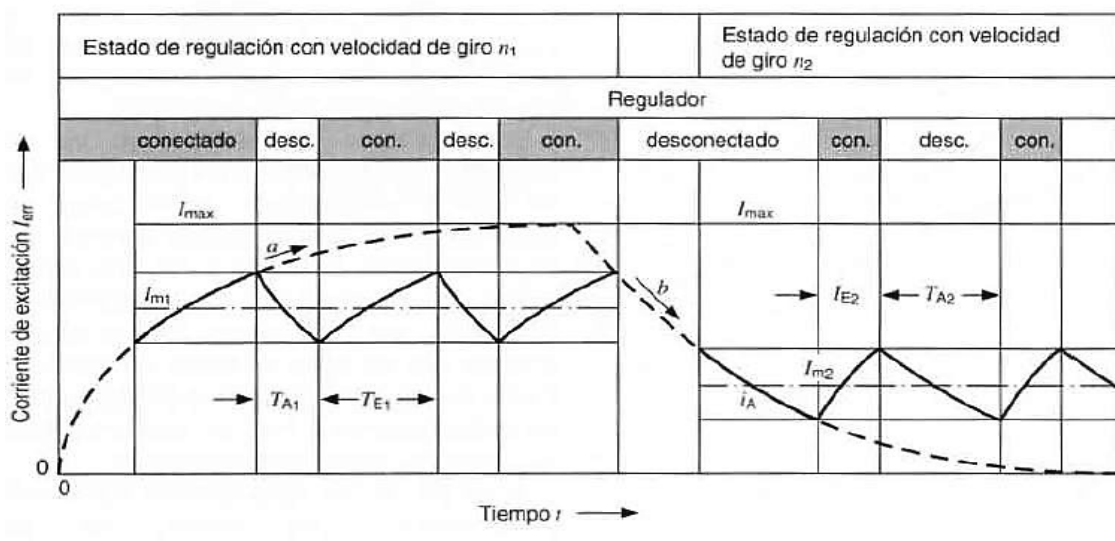
El voltaje del alternador varía linealmente con la velocidad de giro. Si no regulásemos la excitación siendo ésta total a un régimen de 10.000 rpm podría llegar a producir hasta 140 v. Teniendo nosotros una batería de 12v se hace necesario, por tanto, esta regulación que llegará como máximo a los 14,5 voltios donde el regulador cortará el paso de la corriente al rotor.

En la siguiente imagen vemos el ciclo de carga del alternador que se adapta perfectamente a la variación de velocidad de giro producido por el motor de combustión. Como puede apreciarse para un régimen superior de revoluciones ( $n_2$ ) el regulador permite una corriente de paso al rotor inferior reduciendo el campo magnético. Los tiempos de conexión serán mayores a regímenes inferiores mientras que en los superiores serán más cortos, dado que el alternador tiene más rendimiento a velocidades altas.

#### Regulación de la corriente de excitación $I_{err}$

La relación entre la duración de la conexión  $T_E$  y la duración de la desconexión  $T_A$  es determinante para la magnitud de la corriente de excitación media  $I_m$ .

El aumento de la corriente de excitación se produce a lo largo de la curva a, y la caída a lo largo de la curva b.



**Figura 15:** Curva de carga del regulador.

Los primeros reguladores electromagnéticos se basaban en un contacto móvil que conectaba varias resistencias. Cuando la tensión en la batería superaba cierta tensión teórica las resistencias conectadas bajaban la intensidad por el rotor y por tanto el campo magnético producido.

Cuando apareció el regulador electrónico se consiguieron muchas mejoras entre las cuales:

- Tiempos de conexión más breves bajando las tolerancias de regulación.
- Ausencia de desgaste.
- Elevadas corrientes de conmutación sin chispa evitando interferencias.
- Alta resistencia a choques, vibraciones e influencias climáticas.
- Pequeño tamaño integrándolo en el alternador.

Esquema eléctrico de un alternador con regulador electrónico en técnica híbrida tipo EL.

1 Etapa de control en técnica de capa gruesa con resistencias IC,  
2 Etapa de potencia (circuito Darlington),  
3 Diodo extintor.

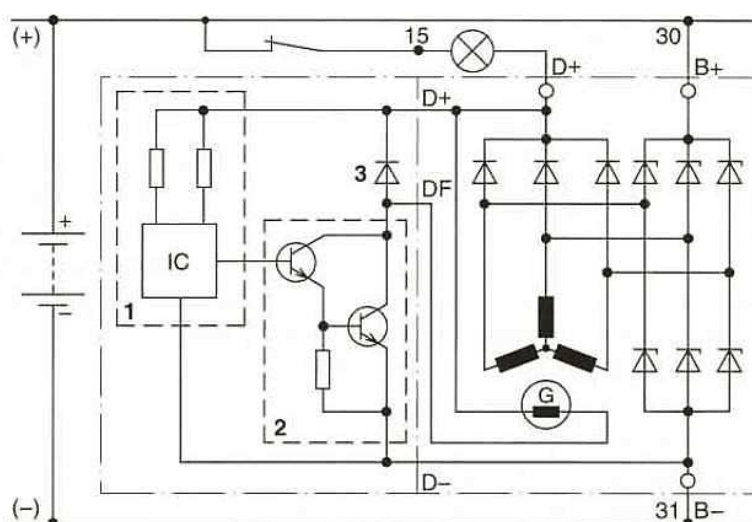


Figura 16: Esquema del regulador.

Como curiosidad hay empresas que ofrecen reguladores electrónicos y alternadores de alto rendimiento con cargas multietapa inteligentes. Ejemplo de ello es la empresa Balmar.

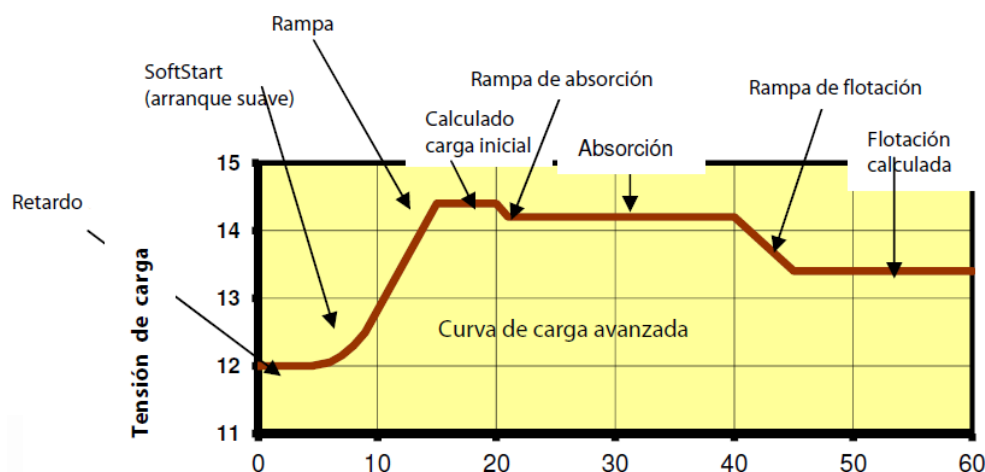
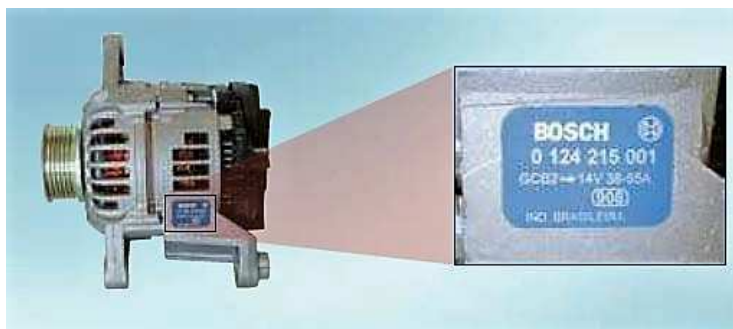


Figura 17: Carga multietapa. [3]

### 2.2.2.-Identificación y curvas del alternador.

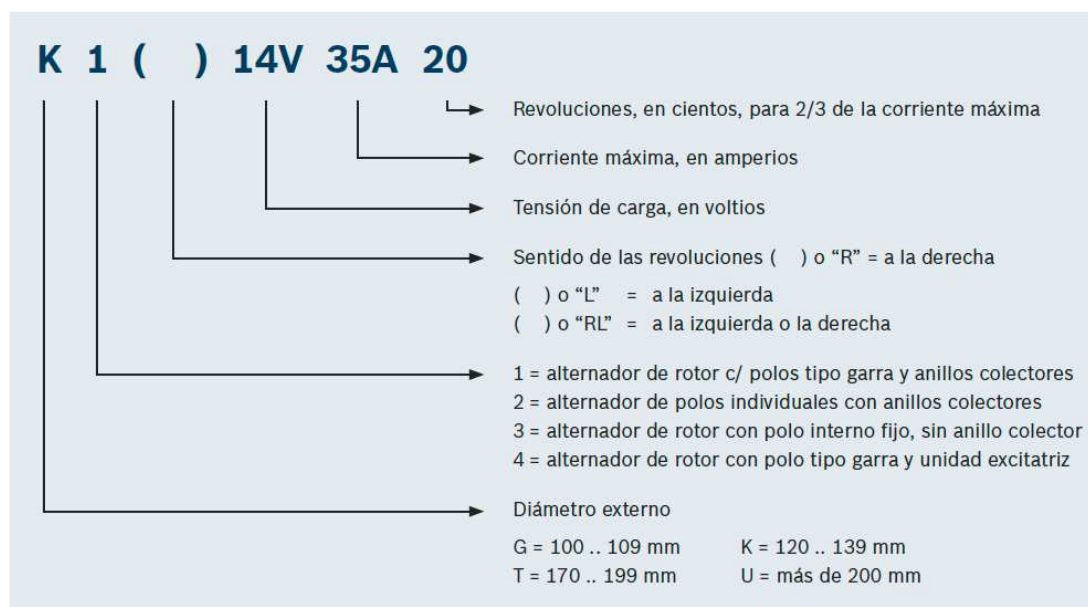
La capacidad de cada alternador está indicada en una placa de identificación metálica, fijada o grabada en la carcasa, donde se indica el número del alternador y sus características.



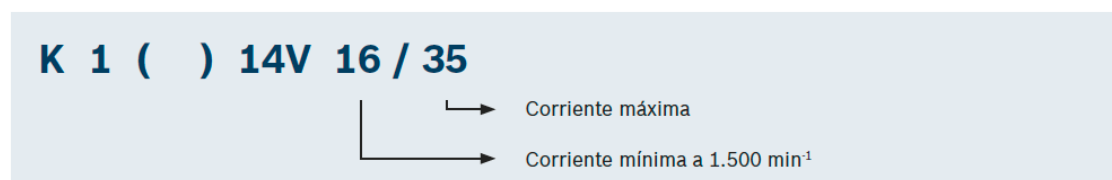
**Figura 18:** Placa de identificación.

La identificación de los alternadores se divide en dos generaciones:

Existente hasta el año 1985.



Utilizado después del año 1985.



Como podemos observar, los dos alternadores son de la misma capacidad (14V 35A), pero los valores de prueba son diferentes.

Los alternadores refrigerados por aire de manera general tienen un rendimiento de aproximadamente el 55% pudiendo llegar como máximo al 65%.

Como podemos observar en las gráficas, a medida que aumentan las revoluciones aumentan las pérdidas de manera notable al incrementarse la frecuencia. Por lo tanto, las pérdidas en el cobre, pérdidas en el hierro y las pérdidas mecánicas son muy altas a velocidades

superiores a 6000 rpm. Por lo tanto, la velocidad nominal es de 6000 r.p.m. donde el alternador tiene mayor rendimiento.

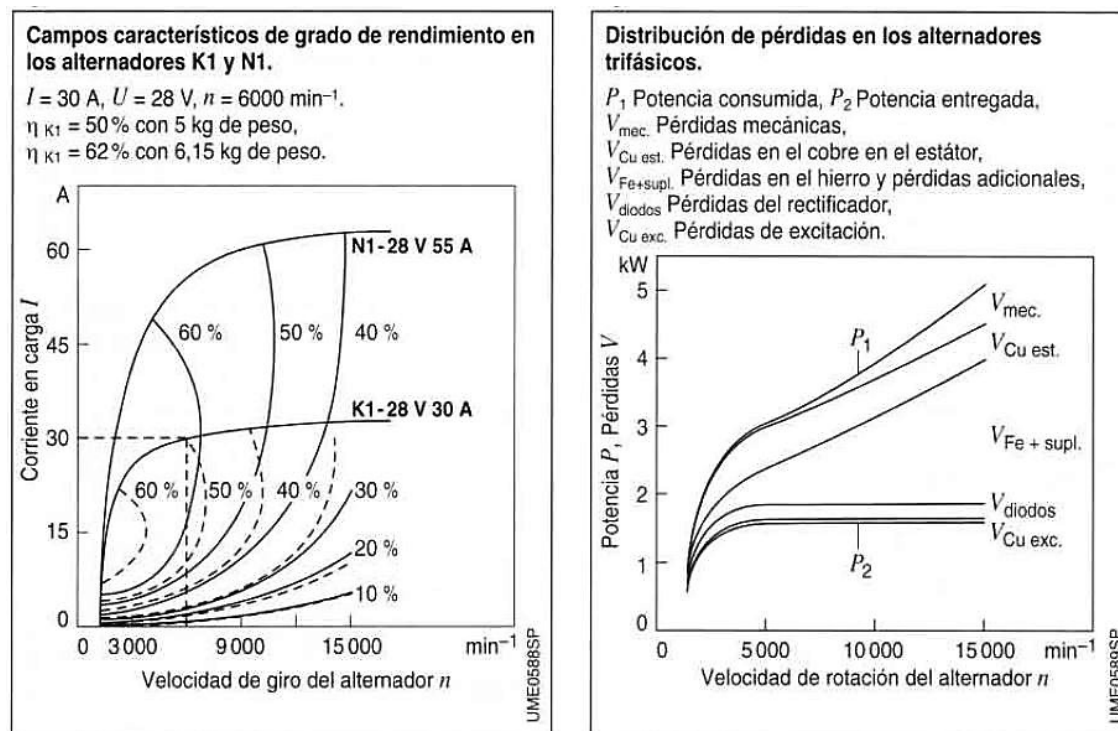


Figura 19: Rendimientos y pérdidas del alternador.

### 2.3.- Bicicleta y el ser humano.

La bicicleta es un vehículo de transporte personal de propulsión humana. Es impulsada por el propio viajero, que acciona el vehículo con el esfuerzo muscular de las piernas, en particular mediante pedales o manivelas. Sus componentes básicos son dos ruedas, generalmente de igual diámetro y dispuestas en línea, un sistema de transmisión de pedales, un cuadro que le da la estructura e integra los componentes, un manillar para controlar la dirección y un sillín para sentarse.

El desplazamiento se obtiene al girar con las piernas los pedales dispuestos de forma simétrica, cada uno con una palanca conocida como biela están ensamblados en el cuadro, y en general el pedal derecho es el que tiene la estrella mayor o plato donde se monta la cadena que a su vez hace girar el piñón, el cual finalmente hace girar la rueda trasera sobre el suelo provocando entonces el desplazamiento. El diseño y la configuración básicos de la bicicleta han cambiado poco desde el primer modelo de transmisión de cadena desarrollado alrededor del año 1885.

La paternidad de la bicicleta se le atribuye al barón Karl Drais, inventor alemán nacido en 1785. Su rudimentario artefacto, creado alrededor de 1817, se impulsaba apoyando los pies alternativamente sobre el suelo. En la actualidad hay más de mil millones de bicicletas en el mundo, utilizadas tanto como medio de transporte como vehículo de ocio.

Es un medio de transporte sano, ecológico, sostenible y económico, válido para trasladarse tanto por ciudad como por zonas rurales. Su uso está generalizado en la mayor parte de Europa, y llega a ser, en países como Suiza, Alemania, Países Bajos, Bélgica, algunas zonas de Polonia y los países escandinavos, uno de los principales medios de transporte. En Asia, especialmente en China y la India, es el principal medio de transporte.

Las bicicletas fueron muy populares en la década de 1890 y, más tarde, en las de 1950 y 1970. Actualmente está experimentando un nuevo auge y su uso crece considerablemente en todo el mundo debido al alto precio del combustible, pues la bicicleta resulta muy ecológica y económica [4].

Respecto a la fuerza mecánica de los humanos, nace de la aportación energética de los alimentos que dan movimiento a la musculatura e intervienen en el buen funcionamiento metabólico que nos permite la vida.

El valor energético de los alimentos es proporcional a la cantidad de energía que nos proporciona cuando se metabolizan en presencia de oxígeno. La unidad de medida es el Joule, aunque por tradición se emplea también la caloría que equivale a la cantidad de calor que necesitamos para aumentar en un grado la temperatura de un gramo de agua. Esta unidad energética es muy pequeña por lo que la aportación energética de los alimentos se mide en kilocalorías ( $1 \text{ kcal} = 1.000 \text{ calorías}$ ). Las dietas humanas contienen entre 1.000 kcal/día hasta 4.000 kcal/día. La cantidad de energía varía según la actividad que desarrollemos. No es lo mismo cortar leña que correr o atender el trabajo en una oficina. Una parte de la energía de los alimentos está destinada a lo que se llama mantenimiento metabólico basal (incluida la necesidad del reposo o dormir). En una persona adulta de unos 70 kg este mínimo vital se lleva ya unas 1.650 kcal en alimento. Aquí también es importante la dieta o aportación calórica de cada tipo de alimento. Mientras los hidratos de carbono proporcionan 4 kcal por gramo, igual que las proteínas, las grasas proporcionan 9 kcal por gramo. El combustible que ingerimos es, por consiguiente, determinante para la actividad que realizamos. Si consumimos más de lo que gastamos, uno engorda y podemos perder calidad metabólica (o sea perjudicar nuestra salud).

La potencia media energética humana, con alimentación adecuada, está alrededor de los 150 W sobre una máquina capaz de su aprovechamiento, como es una bicicleta. Un aficionado al ciclismo puede dar fácilmente unas 90 pedaladas por minuto, de los que ya se consumen unos 100 W en mover el peso de las propias piernas. Los niveles de potencia que un ser humano puede proporcionar pedaleando dependen de la fortaleza muscular, pero también del tiempo [5].

Por breves espacios de tiempo sobre una bicicleta se pueden desarrollar potencias de hasta 1500 W, como pueden hacerlo determinados ciclistas de competición en un sprint, pero lo habitual es que para usos energéticos extendidos durante varias horas, no se supere los 50 W de potencia. Igualmente, existen diversos factores que influyen en la potencia final desarrollada por el que pedalea. El trabajo muscular depende de la interacción con el entorno del ser humano. No es lo mismo el pedaleo estacionario que en ruta. En movimiento sobre un camino el ciclista ha de vencer la resistencia al viento y el rozamiento de la superficie por donde se circula. Además, la disponibilidad de líquidos y alimentos en el recorrido, la temperatura ambiental, etc. también influyen.

Debemos puntualizar la diferencia entre dos conceptos muy importantes como son la potencia absoluta y la potencia relativa, que efectivamente vienen marcadas por el peso del propio ciclista. Así, un ciclista que llamaremos A, tiene una potencia absoluta de 320 vatios en el umbral anaeróbico y pesa 78 kg. Por lo tanto, su potencia relativa será de  $4,1 \text{ w/kg}$ . Por otro lado, tenemos al ciclista B, que aunque tiene una potencia absoluta mucho menor, 270 vatios, como sólo pesa 62 kg, su potencia relativa es de  $4,35 \text{ w/kg}$ ; y cuando la carretera pique para arriba no tendrá problema en dejar al ciclista A clavado. De este modo, cuanto más pendiente haya, más diferencia habrá entre ambos.



Sin embargo, si hablamos de las prestaciones en terreno llano, lo normal es que el ciclista A sea capaz de rodar más rápido que el B, a poco que vaya bien acoplado a la bicicleta, ya que el rendimiento en este terreno depende básicamente de la potencia absoluta y de la resistencia aerodinámica.

Como primer ejemplo, podemos decir que los ciclistas profesionales en general logran mantener una potencia media de 375-420 vatios en una hora pedaleando.

El récord de vatios en una hora de esfuerzo lo tenía Miguel Induráin con nada más y nada menos que 510 vatios en promedio, durante su récord de la hora de 1994, a una media de 53,04 Km/h. A día de hoy esta marca se ha superado en varias ocasiones.



**Figura 20:** Miguel Induráin en 1994 [6].

Una de las energías renovables menos aprovechadas hoy en día para transformarla en energía eléctrica es la energía que genera el ser humano. El hombre puede utilizar los alimentos y la respiración para producir energía y realizar trabajo con ella. Además, realiza a diario de manera inconsciente y rutinaria, numerosas actividades de las cuales si se hiciera un estudio y se buscaran soluciones podrían aprovecharse como fuentes de energía limpia.

Una manera de poder obtener un aprovechamiento de la energía son las bicicletas, tanto una bicicleta estática como una bicicleta convencional, ya sea practicando el ciclismo en un gimnasio, en casa o en la calle. Con ayuda de la bicicleta, una parte de la energía que se utiliza para pedalear, podría almacenarse como energía eléctrica.

Además, hoy en día el hecho de realizar deportes bajo cubierta juega un papel clave ya que por el ritmo de vida que llevamos, la tendencia, el porcentaje tan alto de gente que vive en las ciudades y las nuevas tecnologías hacen que realizar ejercicio de manera indoor tenga un futuro prometedor.

Todo esto conlleva a la idea de aprovechar la energía que se produce cuando pedaleamos sobre una bicicleta.



**Figura 21:** Rodillo de entrenamiento B'twin.

Además de los puntos expuestos anteriormente hay que sumar el factor principal de la idea inicial de un rodillo, que es poder entrenar en casa cualquier día del año y a cualquier hora. Esto se debe a que el deportista quiere mantener la forma, independientemente del tiempo atmosférico o de su disponibilidad de tiempo para poder salir en bici.

En el mercado hay muchas clases de rodillos y muy sofisticados dependiendo del precio. Muchos de ellos disponen de potentes aplicaciones para que los usuarios tengan la posibilidad de competir en red mediante simuladores con gráficos muy buenos lo que hace que la motivación se mantenga alta. En nuestro trabajo pensamos que el hecho de poder estar sobre una máquina autónoma con la cual produzcamos energía también es un punto muy motivante.

Diferentes clases de rodillos comerciales:



**345,00 €**  
GymCompany ES



**635,24 €**  
Mammothbikes.com



**153,90 €**  
Bikeshop ES



**370,49 €**  
Forum Sport



**57,99 €**  
Aosom.es



**1.099,00 €**  
Mantel



**420,02 €**  
+MASmusculo

## 2.4.- Componentes principales del auto-generador.

### 2.4.1- Rodillo B'twin:

Como hemos mencionado anteriormente y como se puede apreciar en la foto, se trata de un rodillo básico fabricado por la empresa B'twin que suministra a la multinacional Decathlon. Lo hemos comprado en el mercado de segunda mano ya que sólo nos interesa el bastidor junto con la parte rodante que acopla con la rueda de la bici.



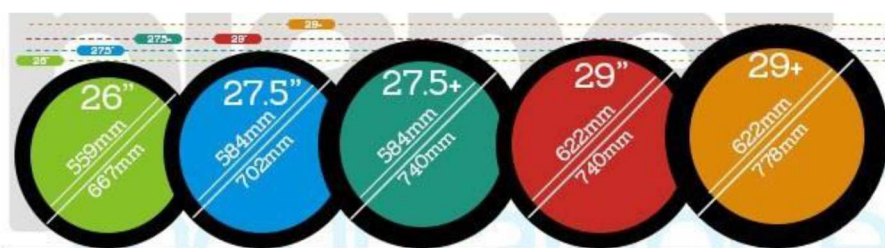
**Figura 22:** Características y grafica del rodillo B'twin.

Le hemos desmontado el mecanismo que produce el par resistente por magnetismo ya que será aquí donde nosotros acoplaremos los distintos componentes para llevar a cabo nuestro objetivo.



**Figura 23:** Sistema magnético manual.

Calcularemos las revoluciones a las que girará el rodillo para hacernos una idea de la relación de transmisión que debería tener la multiplicadora. Se pueden acoplar diferentes diámetros de rueda a la máquina desde diámetros de 667 mm (26 pulgadas) hasta diámetros de 778mm (29+). Nosotros trabajaremos con la rueda de 29”.



**Figura 24:** Diferentes tamaños de rueda [6].

Vamos a calcular la estimación de las rpm que tendremos en el eje del rodillo para después calcular las rpm en el alternador y así hacernos una idea de los rendimientos.

Si suponemos que circulamos con la bicicleta a una velocidad de 10 km/h.

Si la rueda es de 29"  $\longrightarrow$   $29 * 2,54 \text{ cm} = 73,66 \text{ cm } \varnothing$ . Siendo  $r = 73,66/2 = 36,83 \text{ cm}$

$$\text{Perímetro de la rueda} \quad 2 * \pi * r \quad (1)$$

$$2 * 3.1416 * 36,83 = 231,41 \text{ cm} = 2,3141 \text{ m.}$$

Ahora consideraremos la velocidad de 10 km/h:

$$\frac{10000 \text{ m}}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 166,67 \text{ m/min}$$

$$\frac{166,67 \text{ m/min}}{2,3141 \text{ m/revolucion}} = 72 \text{ r.p.m la rueda.}$$

La relación de transmisión entre el rodillo y la rueda trasera de la bicicleta será igual a la relación de diámetros entre ambos.

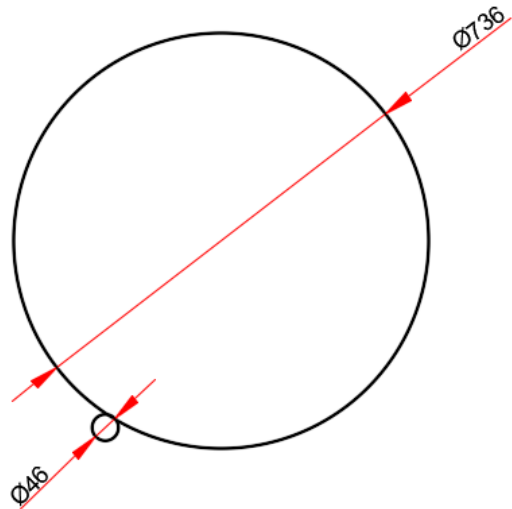
**Figura 25:** Diámetros de rueda y parte rodante.

La R.T será:

$$\frac{73,66}{4,60} = 16$$

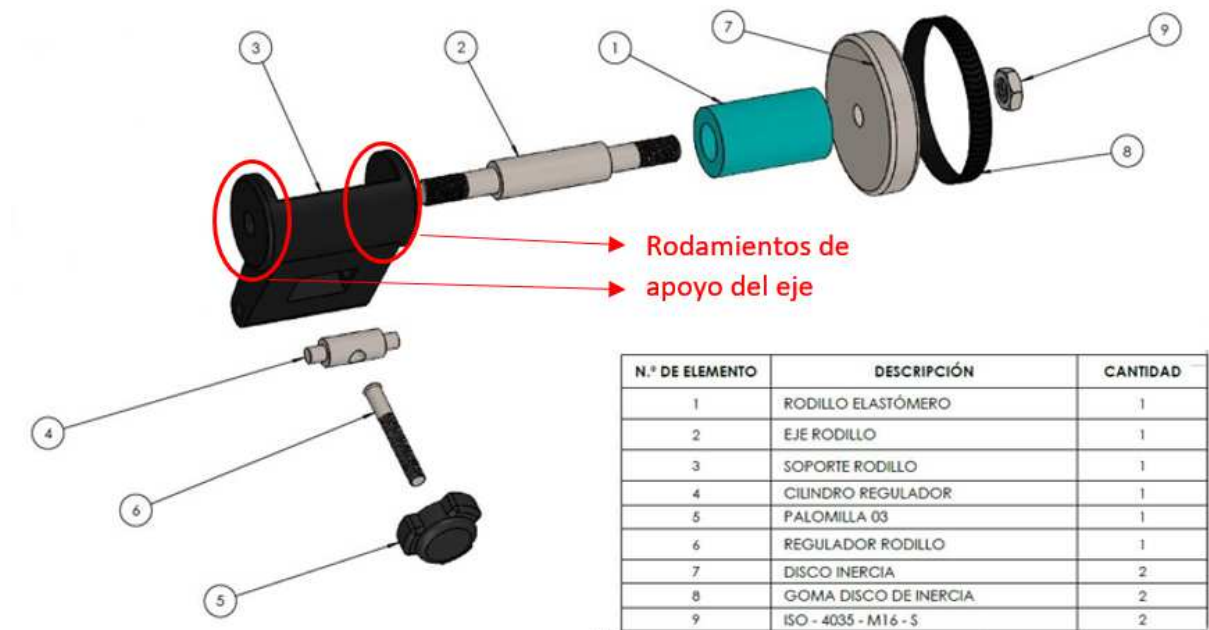
Si la rueda gira a 72 rpm:

$$72 * 16 = 1152 \text{ rpm en el eje del rodillo.}$$



*Nota: Si quisiéramos cálculos más exactos habría que considerar que la rueda va un poco deshinchada para adaptarse mejor y su diámetro será menor. Por otra parte para la relación de transmisión entre la rueda y el rodillo habría que considerar que en el acople existe un pequeño deslizamiento y la RT sería  $16 * k$ .*

*Siendo  $k$  el coeficiente en tanto por uno del deslizamiento existente.*



**Figura 26:** Despiece de la parte rodante.

#### 2.4.2.- Alternador:

Se trata de un alternador relativamente antiguo, concretamente de 1992, procedente de un Volkswagen Wolf. La identificación de la máquina nos informa del voltaje nominal, intensidad máxima capaz de suministrar además de las revoluciones en cientos para 2/3 de la corriente máxima (14 Voltios DC, 45 Amperios, 2000 rpm para 30A).



**Figura 27:** Placa Identificación.

Este alternador es capaz de suministrar 630 W de potencia eléctrica. Si consideramos que el ser humano, en el mejor de los casos, y muy puntualmente es capaz de producir una potencia de 1000 W y sabiendo que hay unas pérdidas mecánicas en la transmisión, a lo que debe sumarse el pésimo rendimiento del alternador que es de aproximadamente el 55%, llegamos a la conclusión que este alternador está muy por encima de la potencia que se va a poder producir en el rodillo.

#### 2.4.3.- Multiplicadora:

Se barajó al principio varias posibilidades para acoplar un multiplicador, preguntando en empresas fabricantes en las cuales el multiplicador es una rareza ya que todo son reductoras, que entiendo se podrían utilizar como multiplicadores teniendo en cuenta velocidades máximas y pares máximos en ambos ejes de entrada y salida.

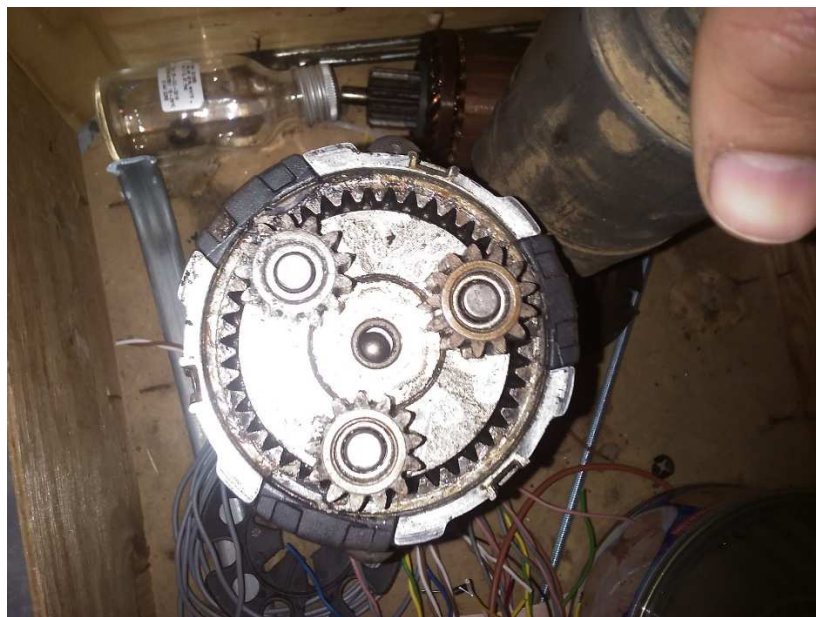


Como las personas con las que se pudo contactar no nos garantizaban el buen uso de la reductora utilizada como multiplicador y sumando a esto su elevado coste, hemos utilizado la reductora que tienen algunos motores de arranque de maquinaria agrícola. Este motor de arranque procede de un tractor fabricado en 2010, el cual tuvo un problema de desgaste desmesurado en las delgas del inducido y ya no podía realizar su función.

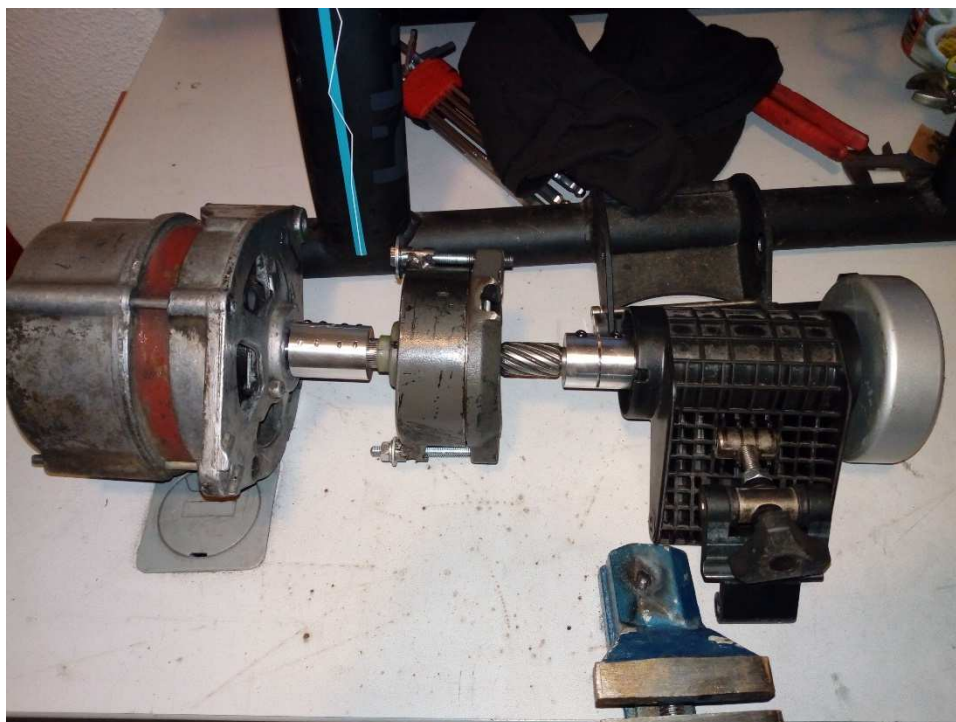


**Figura 28:** Ejemplo de reductora en el inducido.

A esta reductora le daremos la vuelta para utilizarla como multiplicador. En el motor de arranque tiene la función de reducir las revoluciones del motor eléctrico para un ajuste mejor de la velocidad de acople al volante de inercia del motor de combustión. Se trata de un mecanismo epicicloidal con su corona satélites y planetarios.



**Figura 29:** Corona y satélites de la reductora.



*Figura 30: Conjunto rodillo, multiplicadora, alternador.*

#### 2.4.4- Controlador del par.

El controlador del par está formado por diferentes componentes. Básicamente, en su conjunto, tendrá la función de regular el par resistente producido en el alternador en función de lo que el deportista necesite. El usuario controlará el par a través de la aplicación Android bien con un valor fijo a elegir que podrá ser modificado a voluntad o mediante la simulación de puertos de montaña.

Para llevar a cabo este menester hay diferentes magnitudes que habrá que medir como la intensidad producida, voltaje de la batería, velocidad del alternador, temperatura ambiente, etc. El Pic controlará al final la intensidad del rotor en función de la consigna de par mandada por la aplicación además de valorar las variables de entrada anteriormente mencionadas.

Se han necesitado los diferentes componentes:

**Pic16F877A:** Elemento principal para el control del par, explicaremos en detalle el elemento en el capítulo de sistema de control.



*Figura 31: Pic 16F876A*

**Modulo Bluetooth Hc05:** Elemento que convertirá los datos que le enviamos desde el puerto serie del PIC a Bluetooth para comunicar con el Smartphone y. En el apartado de comunicación lo describiremos ampliamente.

**Medidor de intensidad Acs712:** Medirá la intensidad que está aportando el alternador a la batería. Se basa en un sensor Hall IC capaz de captar el campo magnético que produce el paso de intensidad que posteriormente se transformara a una señal de voltaje proporcional de 0 a 5v.

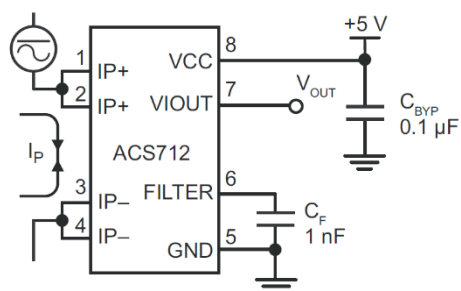
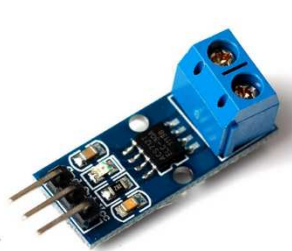
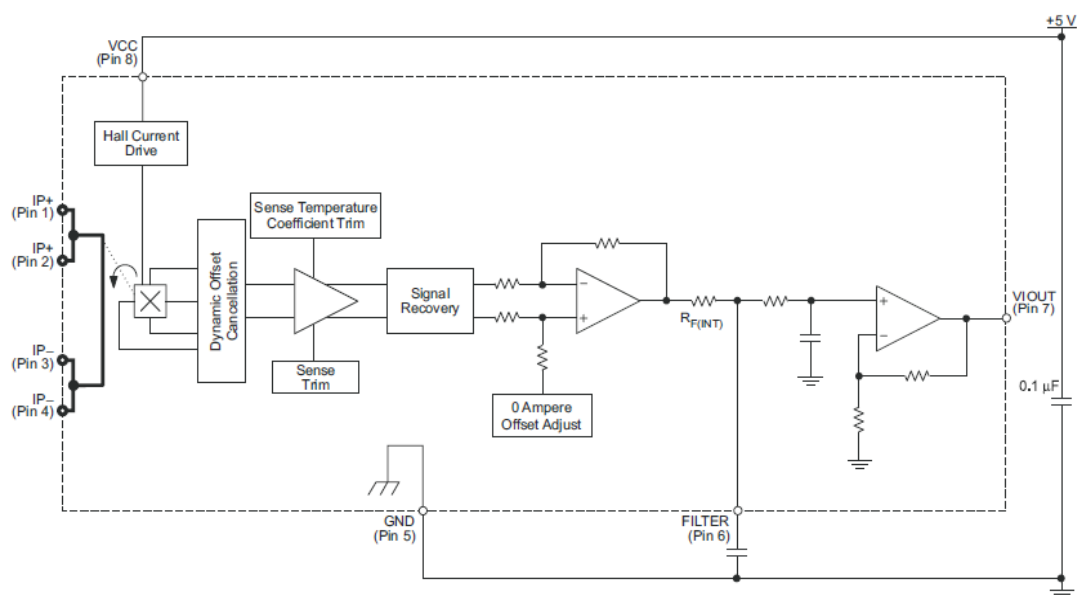
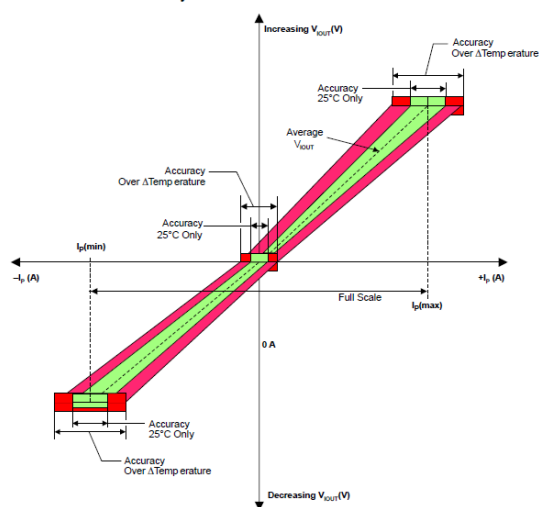


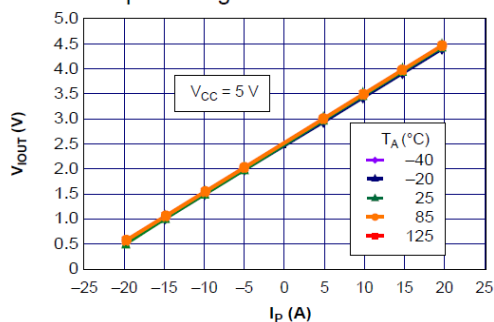
Figura 32: Sensor de intensidad y circuito.



Output Voltage versus Sensed Current  
Accuracy at 0 A and at Full-Scale Current

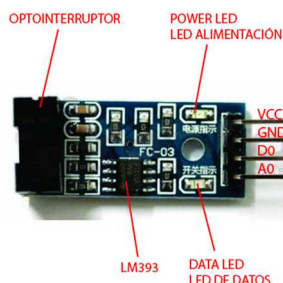


Output Voltage versus Sensed Current





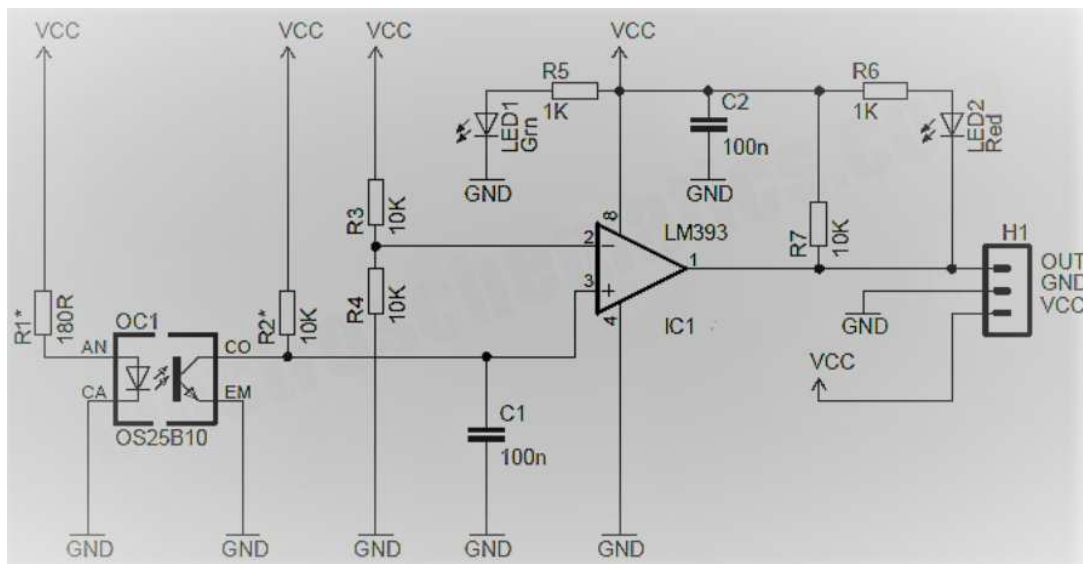
**FZ0888:** El tacómetro digital, sensor de velocidad o contador de pulsos, puede ser utilizado para diversas aplicaciones como: control de velocidad de motores (medir las revoluciones por minuto RPM), sensor límite para indicar inicio y final de la carrera o recorrido en máquinas CNC, de posición o como contador de pulsos. En nuestro trabajo contaremos pulsos que serán revoluciones del eje del rodillo para después transformarlo a velocidad.



**Figura 33:** Sensor de revoluciones.

Este módulo posee las siguientes características:

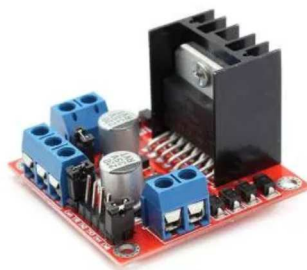
- Indicador de estado LED (LED encendido indica sin obstáculo).
- Indicador de encendido LED.
- Compatibilidad con niveles lógicos de 3,3 V y 5 V.
- Header de 4 pines machos para la conexión.
- Un agujero para fijación de 3,0 mm.
- Constituido con el comparador LM393.
- Voltaje de operación 3,3 V – 5 V.
- Máxima corriente de consumo 15 mA.
- Salida digital en baja: cuando hay obstáculo.
- Salida digital en alto: cuando no hay obstáculo.
- Dimensiones del PCB: 3,2 cm × 1,4 cm
- Ancho de la ranura 5 mm



**Figura 34:** Esquema del sensor de rpm.

**Driver L298N:** Permite controlar 2 motores de corriente continua o un motor paso a paso bipolar. También permite controlar un motor paso a paso unipolar configurado como bipolar. Podemos cambiar el sentido de giro mediante 2 terminales y controlar la velocidad del motor mediante el ancho de pulso (PWM) aplicado a las entradas EN.

- Voltaje de alimentación, mínimo de 5 V. Posee dos entradas, una de 5V para controlar la parte lógica y otra para alimentar las salidas al motor, que pueden ser de 5V o más.
- La tarjeta tiene la opción de habilitar un regulador LM7805 integrado en ella para alimentar la parte lógica, con lo que se puede alimentar la tarjeta con 12V por ejemplo.
- Corriente máxima 2 Amperios continuamente por canal.
- Dimensiones: 43 mm x 23,9 mm x 43 mm



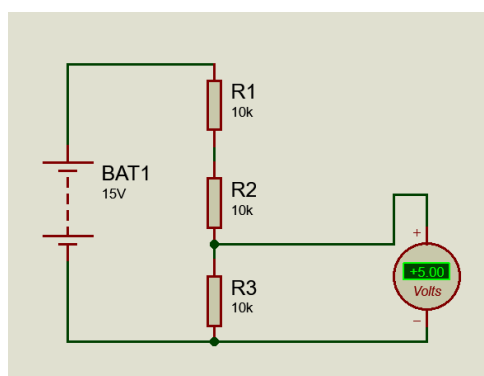
**Figura 35:** Driver L298N.

**Convertidor DC:** en este caso lo vamos a utilizar como elevador para alimentar los reguladores 7815 y disponer de 15 V a la entrada del Driver.



**Figura 36:** Convertidor DC-DC.

**Sensor de tensión:** Para realizar el sensor de tensión simplemente con un divisor de tensión nos servirá, ya que la entrada analógica del Pic puede variar entre 0 y 5 voltios. Por otro lado, la tensión máxima que podremos tener en la batería será de 15 V por lo que un divisor con 3 resistencias de 10K será lo ideal.



**Figura 37:** Sensor de tensión.

**Transistores:** utilizamos el transistor BC548 para activar las bobinas de los relés de 12 voltios mediante un circuito que los hará trabajar en corte o saturación.

**Resistencias, diodos, leds, conector:** las resistencias que más utilizamos son las de 10k para varios usos; para las entradas al Pic, para la alimentación del MLCR, etc. Hemos soldado diodos de protección a la inversa en las bobinas de los relés para evitar sobretensiones cuando se descargue la bobina. Hay 1 diodo led en el circuito de activación de la resistencia para cerciorarnos que el circuito con transistor está activo. Utilizamos un conector de 5 polos macho para alimentación y señales de los sensores. El conector hembra va en el cable de la parte del rodillo.

**Batería:** Se trata de una batería de automóvil, sus características nominales son 12 V, 45 Ah y 400 A (CCA).



**Figura 38:** Batería de automoción.

**Inversor DC/AC:** Con el inversor pasamos de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC) ya que todos nuestros consumidores que tenemos en casa funcionan con corriente alterna aunque en este caso, perdemos mucha potencia en conversiones que realmente no serían necesarias. Ejemplo de ello es el móvil o el ordenador, que funcionan con continua, entonces al enchufarlo al inversor hacemos dos conversiones, la primera la hace el inversor (DC-AC) y la segunda el cargador del teléfono móvil (AC-DC).



**SPECIFICATION:**

SPEC		MODEL					
INPUT	VOLTAGE	10.8-15.5Vdc	21.6-31Vdc	10.8-15.5Vdc	21.6-31Vdc	10.8-15.5Vdc	21.6-31Vdc
	EFFICIENCY	Over 90% Efficiency					
	POWER TYPE	Open & Seal Lead Acid Battery, Regulated DC Alternator					
OUTPUT	CONTINUOUS POWER	300W	300W	600W	600W	1000W	1000W
	SURGE POWER	200% of Continuous Power for 2 sec to help starting up					
	AC VOLTAGE	230Vac $\pm$ 10% 50Hz					
	SIGNAL WAVE FORM	Pure Sine Wave with <3% THD					
PROTECTIONS	USB	5Vdc, 0.5A					
		2 Phases Low Battery Protection (warning and critical shutdown), Input Over Power Protection, Overload Protection, Over Heat Protection, Short Circuit Protection, Reverse Polarity Protection.					
DIMENSION (mm)		18x15x5.5	18x15x5.5	25.5x15x7	25.5x15x7	36.5x15x7	36.5x15x7
WEIGHT (kg)		0.96	0.96	1.8	1.8	2.74	2.74
AMBIENT WORK TEMPERATURE		-15°C – 45°C					
STORAGE TEMPERATURE		-40°C – 85°C					
HUMIDITY		20% - 90% non-condensing					

**Figura 39:** Inversor DC/AC y sus características.

**Resistor calefactor:** Resistencia calefactora que pondremos en el circuito para disipar potencia.



*Figura 40: Calefacción eléctrica de automoción.*

**Ventilador:** Lo pondremos encima de la resistencia calefactora para disipar calor.

**Teléfono Android:** Utilizaremos el Smartphone para descargar y ejecutar la aplicación desarrollada en App inventor que controlara el Rodillo auto-generator.



*Figura 41: Smartphone para el control de la App.*

## 2.5.- Adaptaciones y ajustes mecánicos.

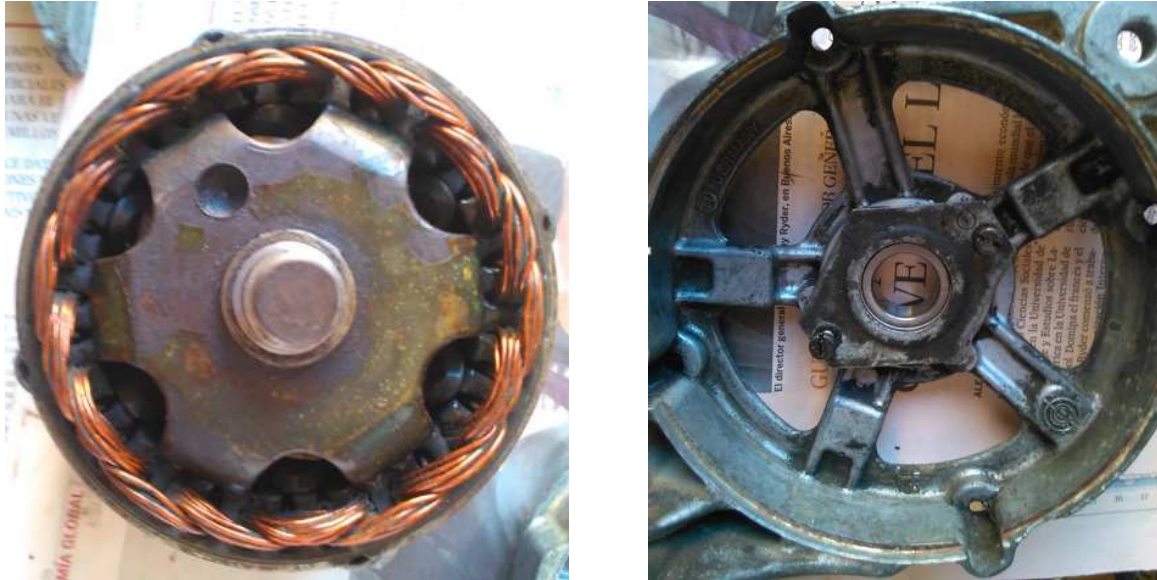
Son varias las adaptaciones que llevamos a cabo para poder acoplar el alternador al eje que trae el rodillo, además de acoplar también la multiplicadora para adaptar mejor las revoluciones en las que el generador tiene mayor rendimiento. También se han realizado otros ajustes necesarios para poder llevar a cabo el objetivo del proyecto.



*Figura 42: Relación de los distintos elementos.*

### 2.5.1-Cambio de rodamientos.

Al hacer girar el alternador vemos que los rodamientos suenan mucho y el giro del rotor no es uniforme por lo que lo hemos desmontado para limpiarlos y cambiarlos.



**Figura 43:** Izq. Rotor y bobinas del estator. Der. Tapa donde se aloja uno de los rodamientos.

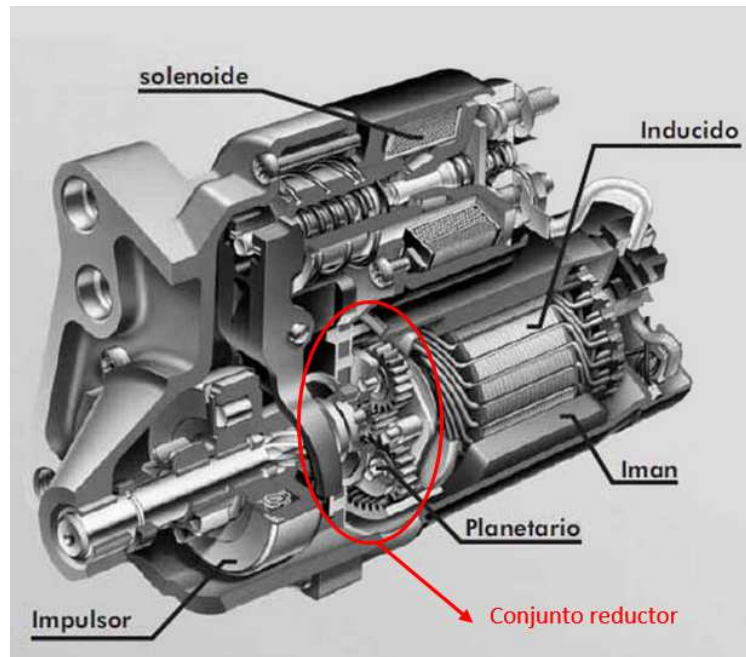


**Figura 44:** Izq. Rotor con anillos rozantes. Der. Rodamientos del alternador.

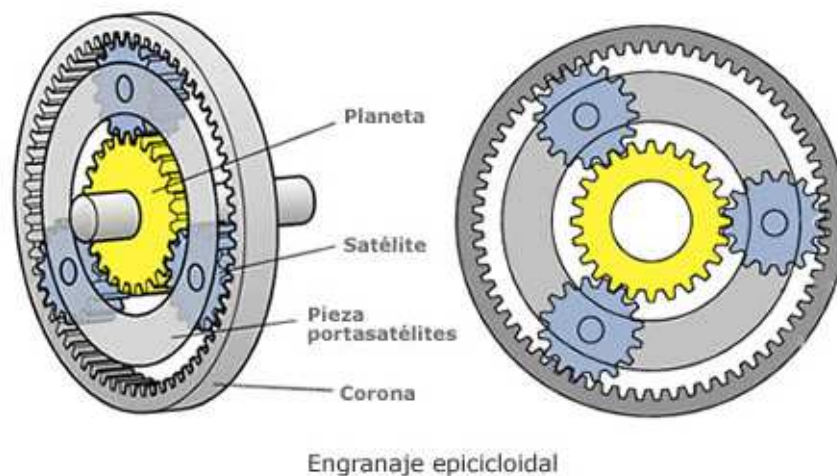
### 2.5.2.- Preparación de la reductora como multiplicador.

Una vez desmontado el motor de arranque al que pertenece la reductora el primer punto a tener en cuenta era si la relación de transmisión se ajustaba a nuestra aplicación, por un lado con el rodillo y por el otro con el alternador de automoción.





**Figura 45:** Vista de los componentes del motor de arranque.



**Figura 46:** Multiplicador.

Engranaje epicicloidial: 
$$Z_7 * n_7 = n_3 * (Z_7 + Z_1) \quad (2)$$

Siendo:

$$Z_7 = \text{nº de dientes del planeta} = 22 \text{ dientes}$$

$$n_7 = \text{velocidad del planeta} = \text{velocidad de salida}$$

$$Z_1 = \text{nº de dientes de la corona} = 54 \text{ dientes}$$

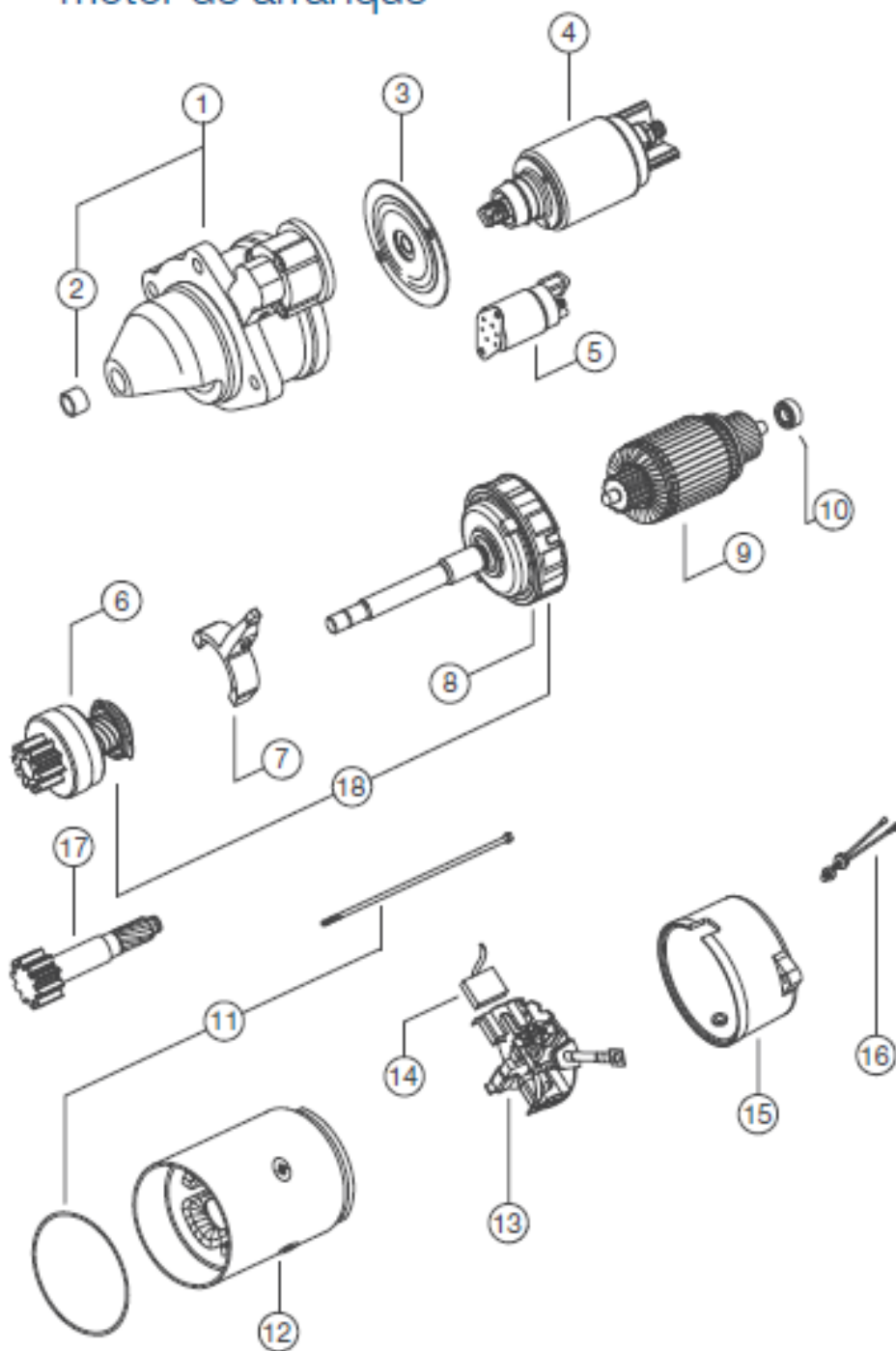
$$n_3 = \text{velocidad del eje de entrada} = 1555 \text{ rpm}$$

$$n_7 = (1555 * 76) / 22 = 5371,81 \text{ rpm}$$

$$(5371,81 / 1555) = \mathbf{3,45} \text{ la relación de transmisión.}$$

Aplicando la fórmula mencionada del engranaje epicicloidal y en este caso en que la corona no gira, la relación de transmisión (3,45) que nos resulta es un poco alta para nuestra aplicación pero válida. Por tanto, extraemos del motor de arranque la reductora para usarla como multiplicador para lo cual tenemos que desmontar el motor de arranque y cortar parte de algunas piezas.

### Vista explotada del motor de arranque

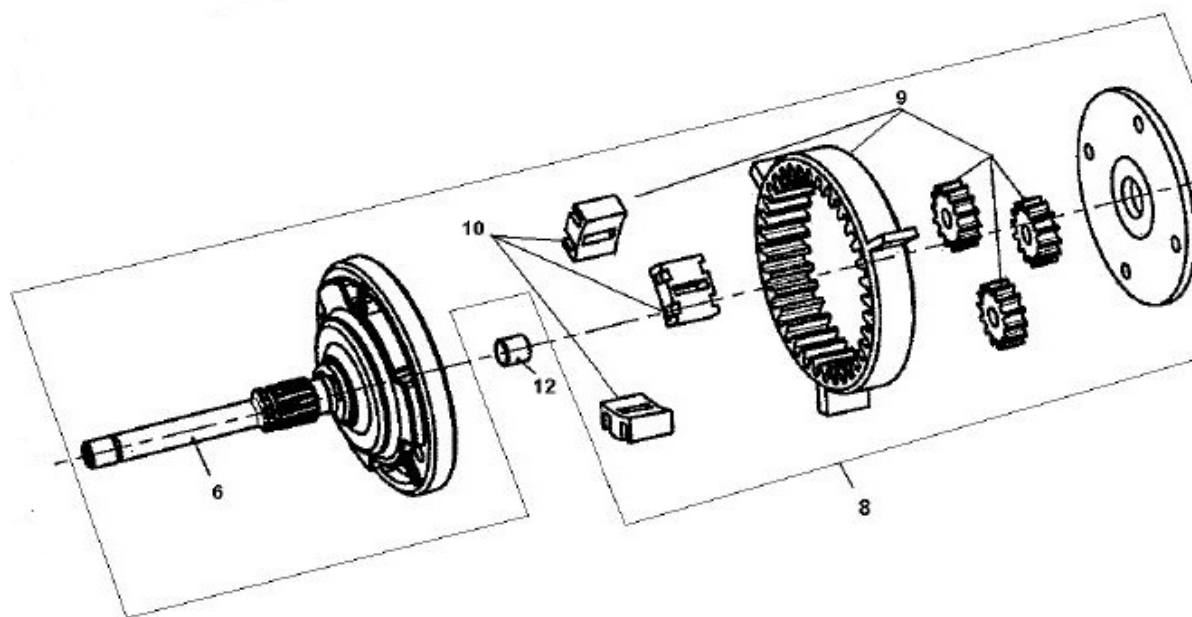


**Figura 47:** Despiece del motor de arranque.

Siendo:

- |                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| 1: Tapa de accionamiento | 10: Rodamiento          |
| 2: Rodamientos           | 11: Juego de fijación   |
| 3: Tapa Intermedia       | 12: Estator             |
| 4: Selenoide             | 13: Portaescobillas     |
| 5: Rele auxiliar         | 14: Juego de escobillas |
| 6: Impulsor              | 15: Tapa trasera        |
| 7: Palanca               | 16: Protector termico   |
| 8: Engranaje planetario  | 17: Piñón               |
| 9: Inducido              | 18: Engranaje           |

Detalle del conjunto reductor:



**Figura 48:** Despiece de la reductora.

Aprovecharemos el eje del inducido del motor de arranque que es la salida de nuestro multiplicador al tener el piñón “planeta”, pero para ello tenemos que dejar el eje desnudo sin el propio inducido.



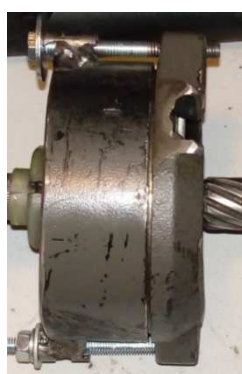


**Figura 49:** Izq. Inducido una vez cortado. Der. Eje del inducido el cual será la salida del multiplicador.



Posteriormente, cortaremos la carcasa del estator del motor que es el apoyo de la corona de la reductora para que no pueda girar. También será necesario cortar la tapa de accionamiento. Una vez cortada la carcasa, le soldaremos unos tope-guía para los tornillos y así poder cerrar el conjunto reductor.

**Figura 50:** Tapa de accionamiento cortada.



**Figura 51:** Carcasa con los topes guía. Centro: conjunto cerrado. Der: carcasa cortada del estator.

Deberíamos tener en cuenta el par al que van a estar sometidos ambos ejes, aunque sabiendo que proviene de un motor de arranque para maquinaria agrícola entendemos que queda holgura más que suficiente para soportar los esfuerzos a los que serán sometidos.

Mecánicamente, lo que más quebraderos de cabeza nos ha dado ha sido como disponer la reductora en el soporte del rodillo para que quedara bien centrada y no tener pérdidas por rozamientos ya que un centrado correcto es básico en este tipo de mecanismos. Primeramente, se pensó en poner rodamientos en ambos ejes de entrada y salida del multiplicador para centrarlo correctamente y colocar acoplamientos flexibles en las uniones de los ejes multiplicador alternador y multiplicador rodillo para absorber posibles desviaciones.

Esta decisión nos obligaba a comprar rodamientos poco comunes por las medidas de los ejes con el consiguiente desembolso de dinero por lo que se ha optado por poner acoplamientos rígidos en los ejes y así aprovechar el apoyo del rodamiento del eje del alternador por un lado y por el otro el del eje del propio rodillo reduciendo también la longitud del propio auto-generador.

Una consecuencia de esta decisión es que podrá haber vibraciones y ciertos alabeos por lo que resulta imprescindible poner en algún punto algún taco de goma que absorba posibles vibraciones.

*Nota: La reductora lleva unas arandelas de ajuste de 0,2 mm para desplazar los satélites y así evitar mayores rozamientos que mermarían el rendimiento además de aumentar el desgaste. Una de las arandelas se nos ha doblado en el desmontaje y hemos tenido que cambiarlas.*



**Figura 52:** Arandelas de ajuste 0,2 mm

### 2.5.3.- Reducción de ejes y montaje de acoplamientos rígidos.

Los acoplamientos rígidos que hay en el mercado suelen estar muy sobredimensionados para nuestra aplicación con el consiguiente sobreprecio, con lo cual hemos recurrido a eBay para comprarlos más baratos ya que cumplen con creces nuestros valores máximos de par.

El eje del rodillo tiene un diámetro de 10 mm, el de entrada del multiplicador 16mm, salida del último 16mm y eje del alternador 17mm.

No existen acoplamientos de todas las medidas con precios asequibles por lo que nos ha obligado a realizar algunos ajustes:

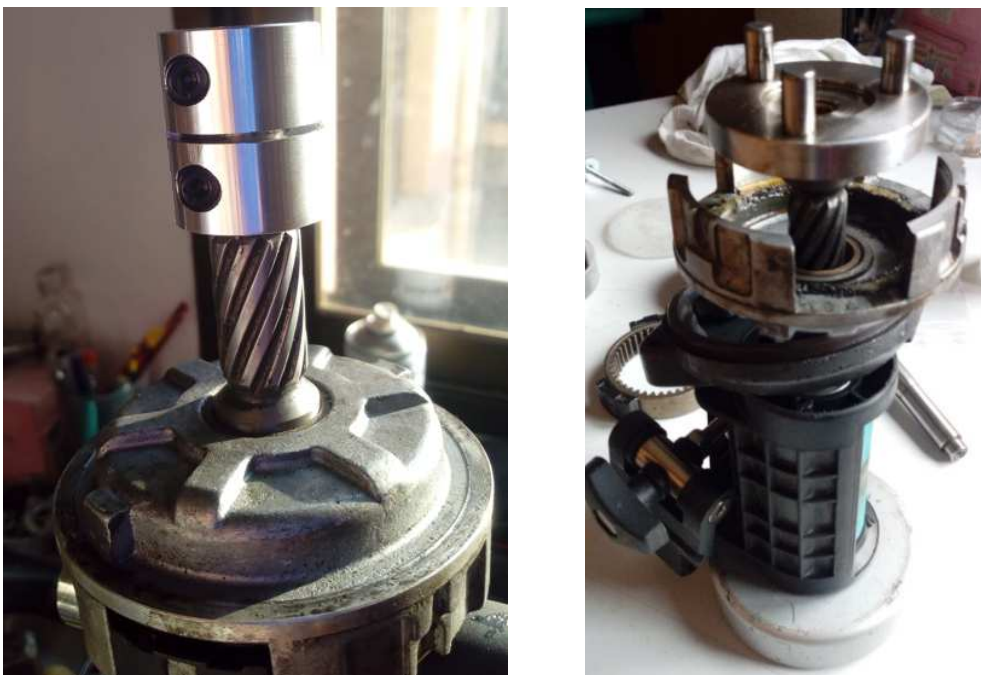
1.- Cortar eje del alternador y reducirlo a 16mm para un acoplamiento 16mm/16mm:



**Figura 53:** Izq. Girando el eje con el taladro. Der. Acoplamiento rígido en el eje del alternador.

Como se puede apreciar en la figura de la izquierda se le ha acoplado al eje del alternador un taladro para hacerlo girar sobre sus 2 rodamientos y así poder rebajarlo hasta los 16mm con limas y papel de lija teniendo mucho cuidado de hacerlo proporcionalmente para que después no haya alabeos. En la siguiente figura ya le hemos acoplado al eje el acoplamiento 16/16.

2.- Cortar eje del rodillo, eje de entrada del multiplicador y acoplar ambos ejes.

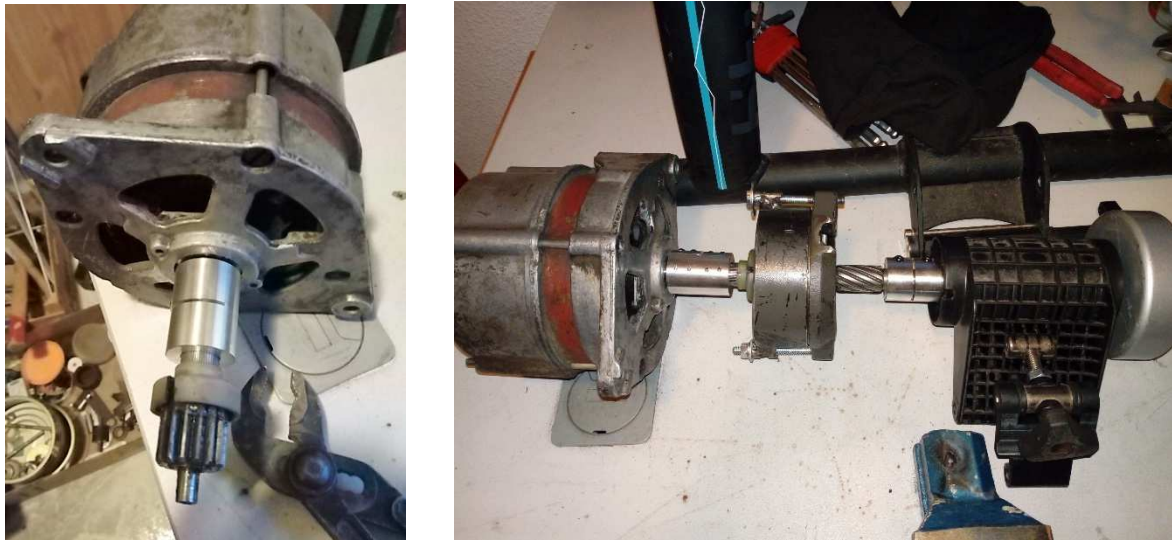


**Figura 54:** Izq. Acoplamiento en el multiplicador. Der: Parte rodante unido al multiplicador.

En la foto de la izq. vemos el acople 10/16mm de la entrada del multiplicador que es el eje del motor de arranque y que en un principio quisimos rebajar la parte estriada para que tuviera una longitud menor. Al cerciorarnos que el material del eje se trabajaba muy mal por su dureza se decidió acoplarlo en la parte lisa, aunque su longitud fuera mayor. En la foto de la derecha se aprecia el conjunto rodillo con parte del multiplicador.



### 3.- Acople de la salida del multiplicador al alternador y resultado de las uniones.

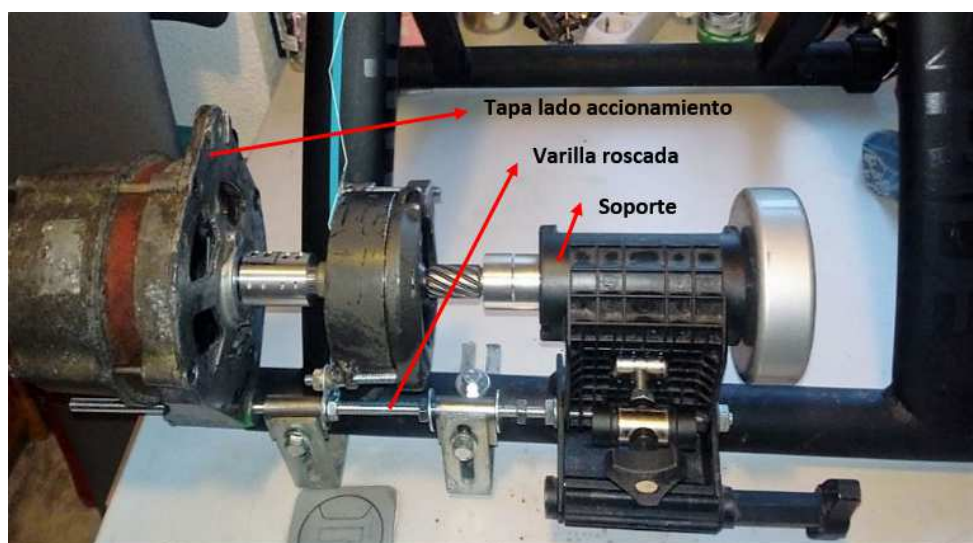


**Figura 55:** Izq. Acople entre alternador y eje del multiplicador. Der. Conjunto acoplado.

#### 2.5.4.- Soporte de alternador y centrado de la reductora.

El soporte de plástico del rodillo bascula sobre su eje para adaptarse a los diferentes tamaños de rueda y poder ajustar con eficacia la bicicleta que hará que la adherencia sea la adecuada. Por su parte, el alternador, para tensar la correa que lo hace girar en su funcionamiento normal, bascula sobre la tapa del lado de accionamiento y que ahora utilizaremos para que el centrado del multiplicador sea el mejor posible.

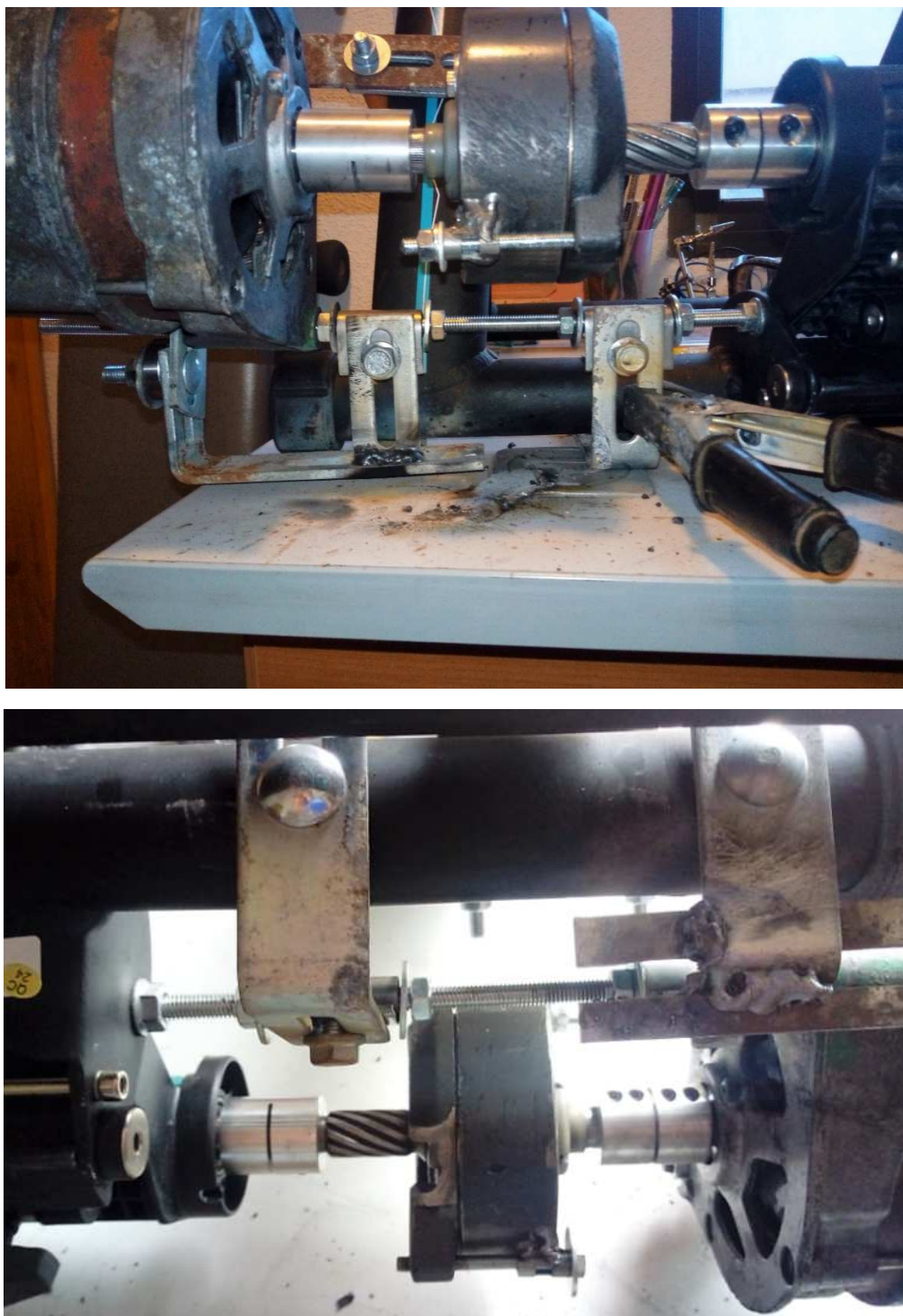
Hemos tenido la gran suerte que el radio existente entre el eje sobre el que bascula el alternador y el eje del rotor es el mismo que el radio entre el eje que bascula el soporte de la parte rodante del rodillo y el eje de accionamiento. Aprovechando esta circunstancia, el tornillo que trae el soporte de plástico del rodillo lo hemos quitado para poner una varilla roscada de M8 y así acoplar el alternador. Como la varilla es muy larga hay que poner unos pequeños soportes con ajuste para poder regular bien las distancias.



**Figura 56:** Montaje de la varilla y sus soportes.

Los soportes de la varilla los hemos realizado con pletinas dobladas a 90° ranuradas para ajuste y también hemos necesitado una de las partes de una bisagra que entrara en la varilla de M8 sin roscar. Hemos tenido que taladrar las partes de la bisagra y el chasis del rodillo para sujetar el conjunto. En el chasis hemos puesto tornillos M8 de cabeza redonda para que no interfieran en el apoyo con el suelo.

También ha habido que soldar en algunos puntos para completar el montaje.



**Figura 57:** Puntos de soldadura y soportes.

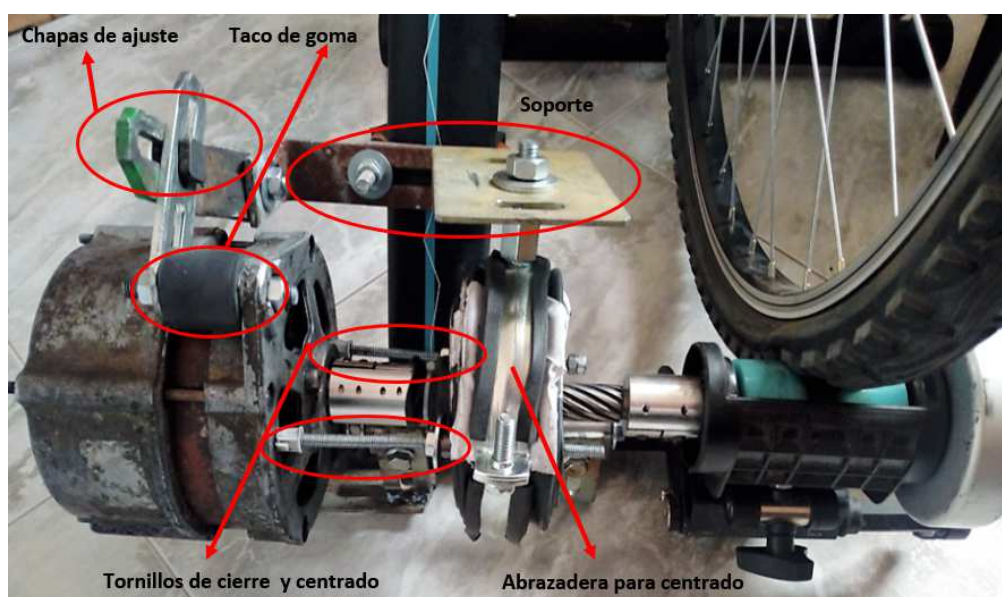


El centrado de la reductora nos ha costado un poco más ya que al prescindir de los rodamientos que explicamos en la **Figura 52** **Figura 49** nos obligaba a hacerlo de una manera más rudimentaria pero eficaz para que no haya pérdidas mecánicas en los engranajes por rozamiento. Para ello nos hacía falta una abrazadera robusta que pudiéramos ajustarla en uno de sus planos y además que fuera muy comercial para que el presupuesto no se disparase. Lo mejor que hemos encontrado ha sido una abrazadera para tubos de 70mm de diámetro pero que nos queda grande para el diámetro de la multiplicadora. Para solventar este problema le hemos enrollado al multiplicador cámara de bicicleta para aumentar su diámetro y poder acoplar después la abrazadera. Un efecto conseguido con la cámara de bici es que funciona también como taco de goma y absorbe vibraciones.

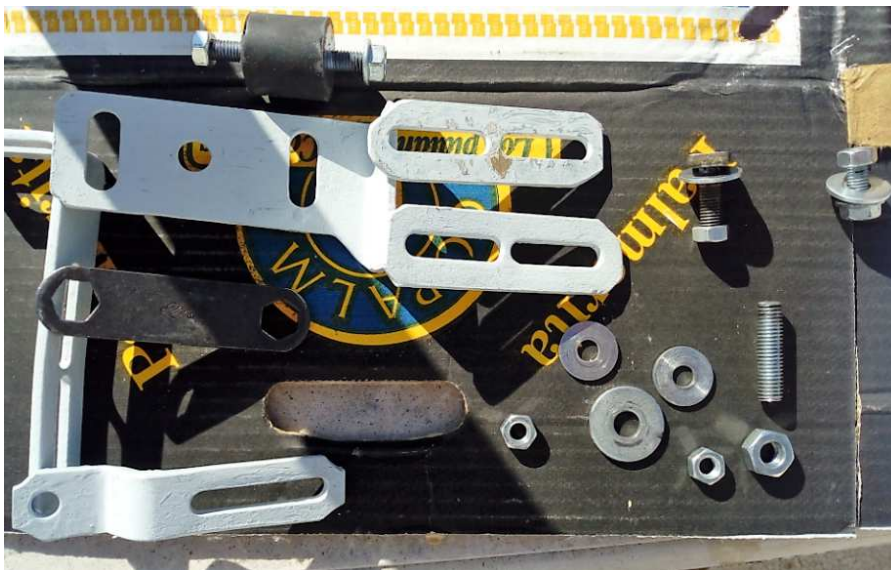


**Figura 58:** Cámara de bici enrollada.

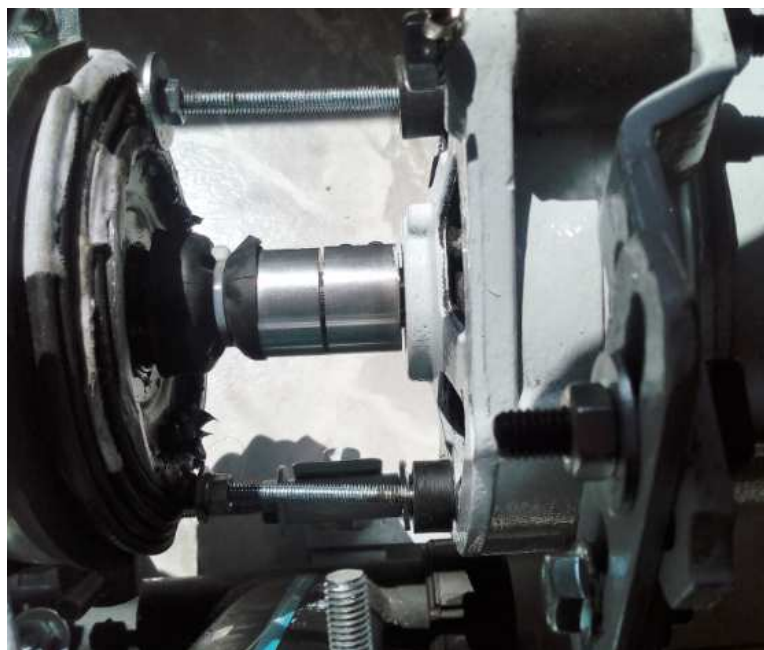
En la foto siguiente vemos el conjunto montado, para cerciorarnos que funciona mecánicamente y que los diferentes ajustes se pueden realizar para que el giro en vacío del eje sea el mejor posible. Una vez comprobado que el sistema gira libremente y que los ajustes se pueden realizar, desmontaremos todas las piezas para cortarlas, lijarlas y pintarlas para que estéticamente quede mejor presentado.



**Figura 59:** Conjunto montado.



**Figura 60:** Piezas cortadas, lijadas y pintadas.



**Figura 61:** Alternador y multiplicador acoplados.

Al acoplar tanto el alternador como el multiplicador, el conjunto rodillo está descompensado en peso; esto hace que a la hora de montar la bicicleta en el soporte tengamos dificultades ya que al mínimo movimiento el bastidor se mueve. Por esta razón, en el tubo hueco opuesto al montaje de los componentes le hemos puesto un cilindro macizo de hierro para compensar ese peso adicional trabajando como contrapeso.



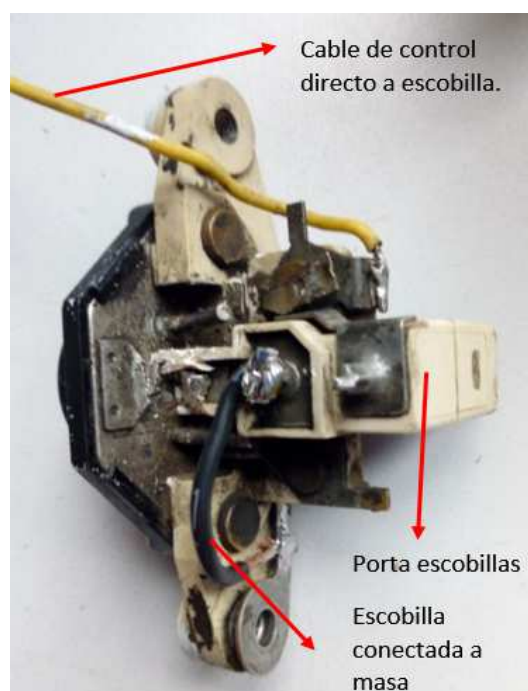


**Figura 62:** contrapeso de hierro macizo.

## 2.6.- Adaptaciones y ajustes eléctricos.

Al inicio, la idea para regular la intensidad del rotor era utilizar parte de la electrónica del propio regulador simplemente controlando el borne D+ mediante el cual se comprueba la tensión de la batería. Para ello, teníamos que anular la conexión real de este borne y conectarla a una de las salidas del PIC regulando el voltaje mediante el driver.

Cuando se probó como era esta regulación con la bicicleta nos dimos cuenta que no servía para la aplicación ya que la regulación de la intensidad que hace el propio regulador es muy brusca (inversamente proporcional a la tensión de la batería), al estar pensada para un vehículo sin limitaciones de potencia. En nuestra aplicación debía ser mucho más fina por lo que decidimos utilizar solo las escobillas y anular el regulador utilizando el Pic en todo momento para controlar la intensidad en el rotor.

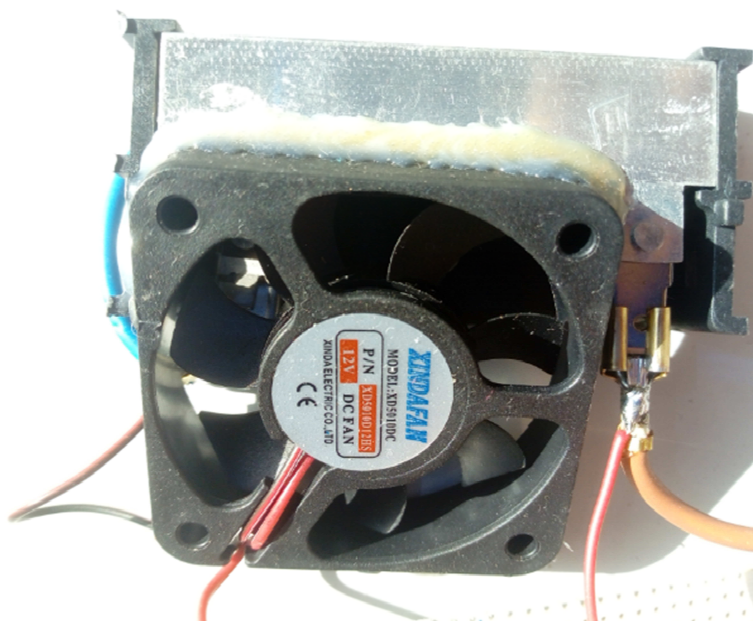


**Figura 63:** Izq. Conjunto regulador. Der. Anulación del borne D+.

La intensidad en el rotor depende en todo momento del par resistente que seleccionará el usuario a través de la aplicación móvil por lo que se hace necesario el uso de consumidores

eléctricos como el inversor DC/AC y la resistencia calefactora que hemos montado para asegurar el voltaje seguro en la batería inferior a 15 V.

Resistencia calefactora y ventilador:



**Figura 64:** Resistencia y ventilador.

Esta resistencia pertenece a un pequeño calefactor estacionario enchufable al conector del mechero de cualquier vehículo, que se puede usar como una pequeña calefacción independiente a través de la corriente eléctrica. Se desmontó el conjunto quedándonos sólo con la resistencia y acoplando el ventilador que se ve en la foto para disipar el calor producido evitando sobrecalentamiento. El conjunto original era muy aparatoso y se desarmó para poderlo montarlo en el panel.

Puede disipar hasta 120 W y lo utilizamos como ya hemos explicado para bajar el voltaje de la batería cuando llegamos a los 14 v, que comprobaremos a través del PIC. Una salida digital retardada conectará el relé siguiente:



**Figura 65:** Relé de accionamiento.

Lo excitamos a través del circuito con transistor que podemos ver en la **figura 75** lo hemos conseguido en vehículos de desguace.

### Bornes y conectores:

En el Auto-generador habrá dos partes bien diferenciadas. Por un lado, estará el soporte de batería con la electrónica y el inversor, mientras que por el otro tenemos la parte del rodillo mecánico con el alternador y el sensor de revoluciones. Como las dos partes son muy pesadas y es difícil transportarlas juntas se han puesto varios conectores para poder separarlas, además de los bornes que precisa la conexión de la batería.



**Figura 66:** Soporte de la electrónica y batería.



**Figura 67:** Diferentes conectores.

Los cables de fuerza tienen conectores macho hembra aéreos dispuestos con 2 terminales faston por cada uno, para que tengan más sección. Como ambas polaridades tienen el mismo conector para evitar equivocarnos se le ha puesto termo retráctil rojo al polo positivo y negro al negativo. El conector plateado de 5 polos tiene alimentación para el sensor de revoluciones, la entrada digital y la salida para la excitación del rotor.





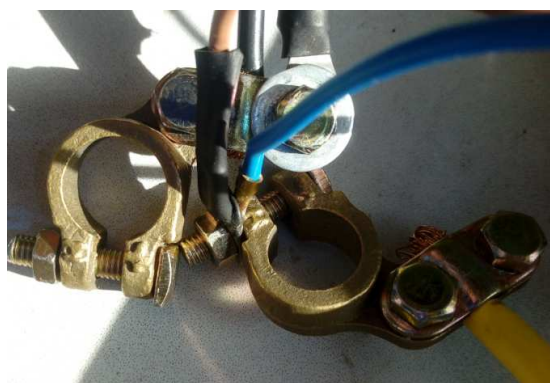
**Figura 68:** Conectores

En esta parte se encuentra el conector de 5 polos macho para montaje en panel, así como parte de la electrónica y la regleta de alimentación de los distintos componentes.



**Figura 69:** Conector de 5 polos en panel.

A los bornes de la batería uniremos los distintos cables por medio de terminales de masa. Todos estos cables van prensados y soldados con estaño para un mejor contacto.



**Figura 70:** Bornes de batería.

Seta de emergencia: Pondremos este elemento al ser fácilmente identificable para cortar tensión a toda la electrónica. Dispone de un contacto NO y un NC.



**Figura 71:** Seta de emergencia.

### 2.6.1- Cálculo de secciones.

El alternador es capaz de producir hasta un máximo de 45 A en sus condiciones normales de funcionamiento (en automoción). Para utilizarlo con el rodillo no vamos a llegar a ese valor ya que implicaría que la persona que está entrenando desarrollaría más de 2000 W de potencia y eso hasta ahora en un ser humano no se ha conseguido. Aun así, vamos a realizar los cálculos para ver con qué sección deberíamos de trabajar.

También es importante el cálculo de secciones en la parte de la resistencia calefactora ya que pueden circular hasta 10 Amperios.

Según el reglamento de baja tensión en su anexo de cálculos por caída de tensión tenemos:

$$\begin{array}{l} \text{Criterio por caída de} \\ \text{tensión:} \end{array} \quad S = \frac{2 * P * L}{\gamma * e * U} \quad (3)$$

Siendo:

- S = Sección del cable.
- P = Potencia.
- $\gamma$  = Conductividad.
- e = Caída de tensión permitida.
- U = Tensión.
- L = Longitud

En el caso de que el alternador produjera 45 A a 14V la potencia sería  $45 * 14 = 630$  W, además como máximo tenemos 2 m de cable y la máxima caída de tensión permitida es del 3%. Si aplicamos la fórmula expuesta para cables de cobre tendríamos:

$$S = \frac{2 * 630 * 2}{56 * 0,42 * 14} = 7,65 \text{ mm}^2$$

Respecto al criterio de Intensidad máxima admisible según el R.B.T. en su ITC-BT-19 para cables unipolares separados al aire hasta 40° C siendo estos de PVC y sabiendo que pueden circular hasta 45 Amperios, según la tabla nos harían falta hasta 10 mm² que aguanta en servicio permanente 50 Amperios por lo que este criterio es más restrictivo.

Sin embargo, como en nuestra aplicación vamos a trabajar en torno a una producción de potencia eléctrica máxima de unos 250 W que son alrededor de los 18 Amperios debido a las numerosas pérdidas, el cálculo de sección quedaría:

$$S = \frac{2 \cdot 250 \cdot 2}{56 \cdot 0,42 \cdot 14} = 3,04 \text{ mm}^2$$

Por intensidad máxima admisible para 18 Amperios nos bastaría con 2,5 mm<sup>2</sup> que aguanta hasta 21 Amperios, pero en este caso es más restrictivo el criterio de caída de tensión que nos obligaría a coger un cable de 4 mm<sup>2</sup> que aguanta hasta 27 A en servicio permanente.

En lo que se refiere al cable que alimenta la resistencia calefactora con una intensidad hasta 10 Amperios:

$$S = \frac{2 \cdot 140 \cdot 0,5}{56 \cdot 0,42 \cdot 14} = 0,4251 \text{ mm}^2$$

*Esta sección es muy pequeña ya que la longitud es mínima y este criterio no es el más restrictivo. Si miramos la tabla en las mismas condiciones que antes con 1,5 mm<sup>2</sup> nos soporta hasta 15 Amperios en servicio permanente.*

**Tabla 1:** Intensidades máximas en (A)

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos <sup>2)</sup> en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
B2		Cables multiconductores en tubos <sup>2)</sup> en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared <sup>3)</sup>				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
E		Cables multiconductores al aire libre <sup>4)</sup> Distancia a la pared no inferior a 0.3D <sup>5)</sup>					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
F		Cables unipolares en contacto mutuo <sup>4)</sup> Distancia a la pared no inferior a D <sup>5)</sup>						3x PVC			3x XLPE o EPR			
G		Cables unipolares separados mínimo D <sup>5)</sup>								3x PVC		3x XLPE o EPR		
Cobre			mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
			16	45	49	54	59	68	70	-	80	91	105	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	105	116	123	166
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
			70				149	160	171	183	202	224	244	321
			95				180	194	207	230	245	271	296	391
			120				208	225	240	267	284	314	340	455
			150				236	260	278	310	338	363	404	525
			185				268	297	317	354	386	415	464	601
			240				315	350	374	419	455	490	552	711
			300				360	404	423	484	524	565	640	821

2.6.2.- Protección contra sobreintensidades y cortocircuitos.

La corriente de arranque en frío (CCA) es una medida de la capacidad de una batería para arrancar un automóvil a 0 °F, cuando el aceite del motor es más viscoso y el potencial químico de la batería es bajo. La mayoría de las baterías lo enumeran en la etiqueta adhesiva, aunque algunas sólo enumeran CA, o amperios de arranque. Las siglas pertenecen al término técnico en inglés para la corriente de arranque en frío “cold cranking amps”.

Con este dato nos podemos hacer una idea de los amperios puntuales que la batería es capaz de suministrar para proteger los cables contra cortocircuito. El elemento de protección tendrá que tener un poder de corte superior a este dato, considerando también las tablas del reglamento de baja tensión sobre los tiempos de corte de los distintos elementos.

En el caso de la batería utilizada, el dato corresponde a 400 A (CCA). Por lo tanto, tomaremos 400 Amperios como la máxima intensidad que se puede alcanzar en un CC. Vamos a proteger con fusibles de cuchilla para automoción, por lo que el poder de ruptura del fusible ha de ser superior a 400 Amperios para la tensión nominal.

Los tipos de fusibles según la velocidad de fusión son:

- F = (Fast) rápido. Tiempo de actuación entre 1 y 10 mS.
- FF = (Fast, fast) muy rápido. Tiempo de actuación inferior a 1 mS.
- M= retardo medio.
- T= retardado (Slow Blow). Tiempo de actuación entre 10 y 100 mS.
- TT= ultra retardado o muy lento. Tiempo de actuación entre 100 mS y 1 segundo.
- 

Criterio 1:

$$\text{Fusibles:} \quad I_b \leq I_n \leq I_z \quad (4)$$

**I<sub>b</sub>**: corriente de diseño del circuito correspondiente.  
**I<sub>z</sub>**: corriente máxima admisible del conductor protegido.  
**I<sub>n</sub>**: corriente nominal del fusible.

Esta condición indica físicamente que el fusible debe dejar pasar la corriente necesaria para que la instalación funcione según la demanda prevista, pero no debe permitir que se alcance una corriente que deteriore el cable.

Criterio 2:

$$\text{Fusibles:} \quad I_f \leq 1,45 * I_z \quad (5)$$

**I<sub>f</sub>**: corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección.



**Tabla 2:** Rango para el cálculo de los fusibles.

$I_n$ (A)	Tiempo convencional (h)	$I_f$ Corriente convencional de fusión
$I_n \leq 4$	1	$2,1 I_n$
$4 < I_n \leq 16$	1	$1,9 I_n$
$16 < I_n \leq 63$	1	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2	$1,6 I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3	$1,6 I_n$
$400 < I_n$	4	$1,6 I_n$

En el cálculo del fusible para el cable que une el alternador con la batería consideraremos:

El cable de 4 mm<sup>2</sup> soporta hasta 27 Amperios pero en nuestra aplicación como máximo llegaremos a 18 por tanto la intensidad nominal del fusible será 20 Amperios:

$$18 \leq I_n \leq 27$$

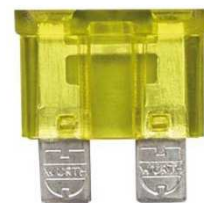
$$I_f \leq 1,45 * 27$$

$I_f$  según la tabla esta entre 16 y 63 Amperios si  $I_n = 20$   $I_f = 1,6 * 20 = 32$  Amperios.

Entonces se cumple el 2º criterio:  $32 \leq 39,15$

Ahora comprobamos las características del fusible observando que se cumple el poder de corte y la velocidad de actuación es F (fast) correspondiente a 10 mS.

Atributo	Valor
Corriente Nominal	20 A
Tipo de Fusible	Cuchilla
Tamaño de la Cuchilla	ATO
Tensión Nominal	32 V dc
Color	Amarillo
Longitud	19.1mm
Anchura	5.1mm
Altura	12.3mm
Material del Cuerpo	PA 66
Velocidad del Fusible	F
Temperatura de Funcionamiento Mínima	-40°C
Temperatura de Funcionamiento Máxima	+150°C
Rango de Temperatura de Funcionamiento	-40 → +150 °C
Capacidad de Ruptura a Vr Máx.	1.000 A

**Figura 72:** Características del fusible.

Según la ITC-BT 07 la densidad de corriente que aguantan los cables de cobre en un CC de 0.1 segundos para cables de PVC son **364 A/mm<sup>2</sup>**.

$$364 \text{ A/mm}^2 * 4 \text{ mm}^2 = 1456 \text{ Amperios}$$

La batería como máximo entregaría 400 Amperios. Entonces, en caso de CC, si el fusible corta en 10 mS el cable aguantaría hasta 1456 Amperios, con lo cual queda protegido.

Si el fusible tuviera un tiempo de actuación de 2 segundos el cable aguantaría 81 A/mm<sup>2</sup>.

$$81 * 4 = 324 \text{ Amperios}$$

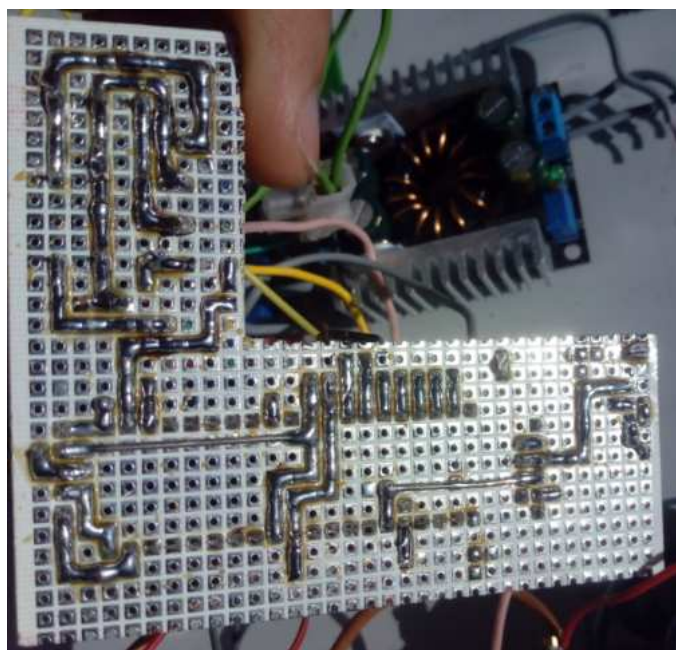
En este supuesto caso, no quedaría bien protegido ya que la batería es capaz de suministrar hasta 400 Amperios y lo quemaría.

**Tabla 3:** Densidad de corriente por mm<sup>2</sup>.

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
<b>XLPE y EPR</b>	<b>449</b>	<b>318</b>	<b>259</b>	<b>201</b>	<b>142</b>	<b>116</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>82</b>
<b>PVC</b>									
<b>Sección ≤ 300 mm<sup>2</sup></b>	<b>364</b>	<b>257</b>	<b>210</b>	<b>163</b>	<b>115</b>	<b>94</b>	<b>81</b>	<b>73</b>	<b>66</b>
<b>Sección &gt; 300 mm<sup>2</sup></b>	<b>322</b>	<b>228</b>	<b>186</b>	<b>144</b>	<b>102</b>	<b>83</b>	<b>72</b>	<b>64</b>	<b>59</b>

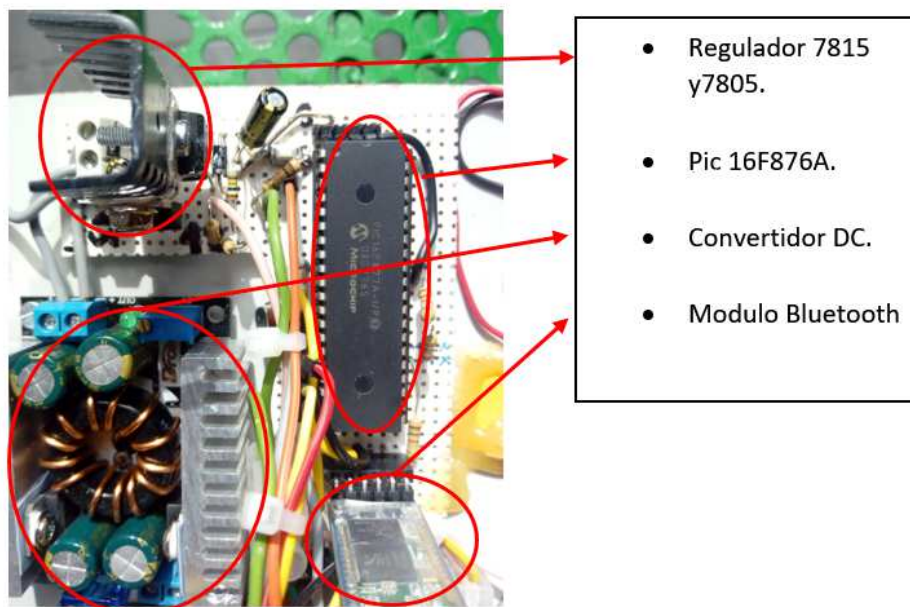
## 2.7.- Adaptaciones y ajustes electrónicos.

Para soldar los diferentes componentes hemos utilizado placa perforada en la cual a la vez que soldamos vamos haciendo las pistas. La elección de esta placa parece trivial, pero se evitan muchos problemas futuros si es de cierta calidad, donde las soldaduras quedan perfectamente unidas evitando soldaduras frías. Lo mismo ocurre con el estaño y el soldador, no se puede escatimar con estas tres cosas.



**Figura 73:** pistas en la placa perforada.

El primer aparato electrónico que tenemos en el panel es el convertidor DC elevador de tensión, lo hemos descrito en la sección [2.4.4- Controlador del par](#) y su utilidad es para tener disponibilidad de 15 V DC aunque la batería esté por debajo de 10 V. La salida del elevador estará a unos 19 V, tensión con la cual alimentaremos el circuito regulador 7815 para tener 15 V estables como entrada al Driver y así trabajar siempre con la misma tensión, aunque la diferencia de potencial en la batería fluctúe. Con esto, conseguimos que el par resistente producido en el alternador a través del driver sea siempre el mismo.



**Figura 74:** Distribución de los componentes electrónicos.

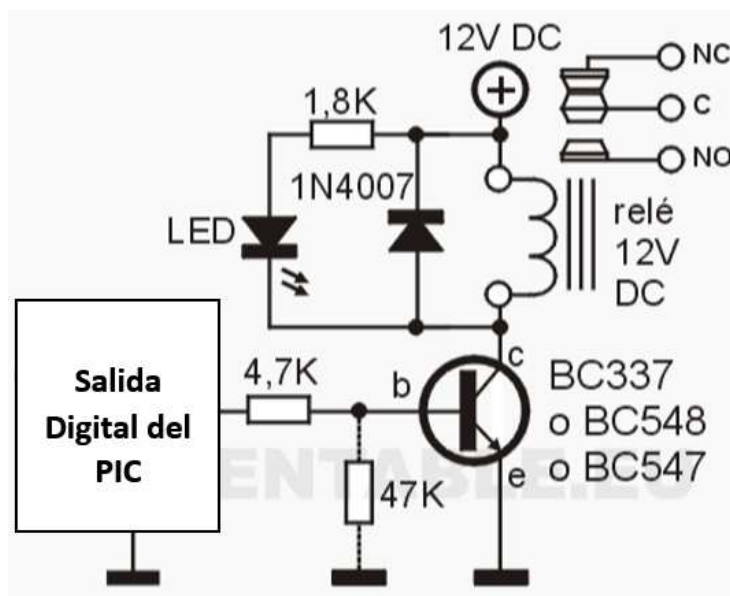
Respecto del circuito estable de 15 V, decir que se han puesto 2 integrados 7815 con disipador para poder suministrar a la bobina del rotor hasta 3 Amperios ya que nuestro 7815 solo soporta 2,1 Amperios como máximo.

**Tabla 4:** Parámetros del 7815.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_J^†$	$\mu A7815C$			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$I_O = 5 \text{ mA to } 1 \text{ A},$ $P_D \leq 15 \text{ W}$	25°C	14.4	15	15.6	V
		0°C to 125°C	14.25		15.75	
Input voltage regulation	$V_I = 17.5 \text{ V to } 30 \text{ V}$	25°C		11	300	mV
	$V_I = 20 \text{ V to } 26 \text{ V}$			3	150	
Ripple rejection	$V_I = 18.5 \text{ V to } 28.5 \text{ V},$ $f = 120 \text{ Hz}$	0°C to 125°C	54	70		dB
Output voltage regulation	$I_O = 5 \text{ mA to } 1.5 \text{ A}$	25°C		12	300	mV
	$I_O = 250 \text{ mA to } 750 \text{ mA}$			4	150	
Output resistance	$f = 1 \text{ kHz}$	0°C to 125°C		0.019		$\Omega$
Temperature coefficient of output voltage	$I_O = 5 \text{ mA}$	0°C to 125°C		-1		mV/°C
Output noise voltage	$f = 10 \text{ Hz to } 100 \text{ kHz}$	25°C		90		$\mu V$
Dropout voltage	$I_O = 1 \text{ A}$	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.4	8	mA
Bias current change	$V_I = 17.5 \text{ V to } 30 \text{ V}$	0°C to 125°C			1	mA
	$I_O = 5 \text{ mA to } 1 \text{ A}$				0.5	
Short-circuit output current		25°C		230		mA
Peak output current		25°C		2.1		A

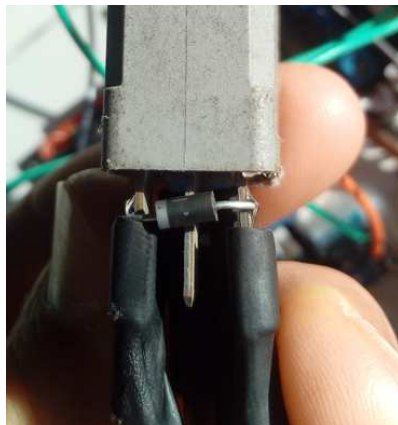
<sup>†</sup> Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33- $\mu F$  capacitor across the input and a 0.1- $\mu F$  capacitor across the output.

Una de las salidas digitales del Pic debe de activar el relé que conectará la resistencia calefactora junto con el ventilador para evacuar potencia producida por el ciclista una vez se alcance un voltaje determinado en la batería (concretamente 14 V). Para activar el relé debemos montar un circuito transistorizado como el de la siguiente figura.



**Figura 75:** Circuito con transistor.

En la siguiente imagen vemos el diodo 1N4007 que soldamos en el relé para facilitar la descarga de la intensidad almacenada en la bobina evitando sobretensiones.

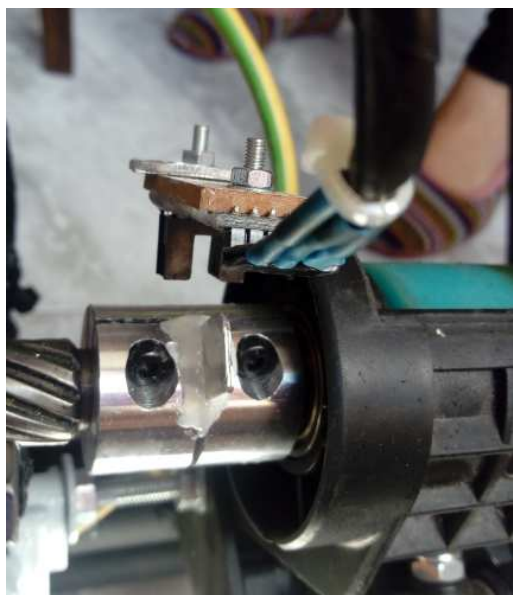


**Figura 76:** Diodo soldado al relé.

**Sensor de revoluciones:** Con este sensor contaremos los pulsos generados en un determinado periodo que dicta el Pic, para así saber tanto las revoluciones del rodillo como la equivalencia de velocidad que estaríamos desarrollando en la bicicleta. Este sensor es muy importante ya que muchos cálculos de la aplicación en Android dependen de él. Para sujetarlo al rodillo hemos doblado una placa de aluminio dándole la forma adecuada y fijándola al soporte de plástico. Justo debajo encontramos el eje del rodillo con uno de los acoplamientos rígidos. Para proporcionar los pulsos hemos puesto en el acoplamiento 16/16 una lámina

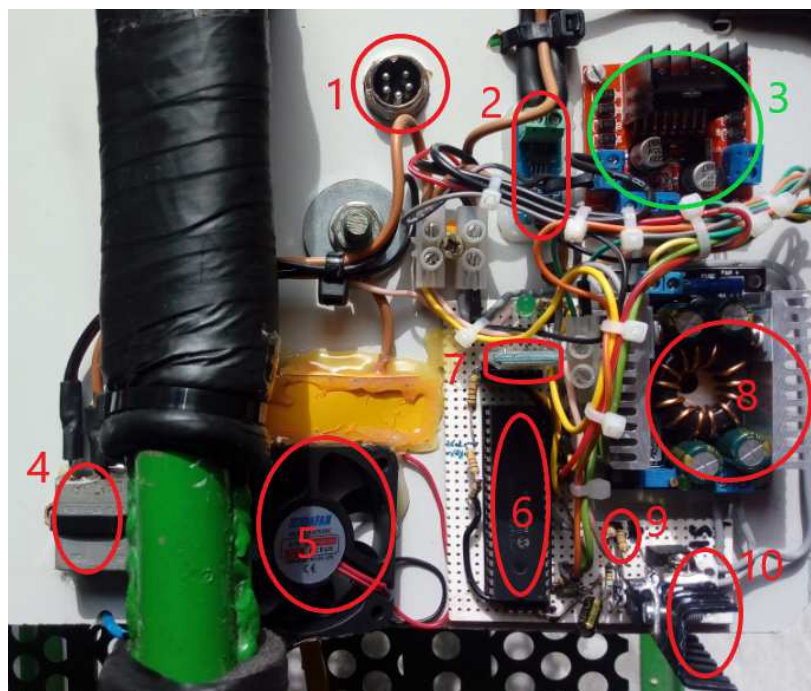


pegada y encajada de aluminio que al pasar proporcionará el pulso correspondiente a una revolución del eje.



**Figura 77:** Sensor de revoluciones.

Tanto el sensor de intensidad como el divisor de tensión están en el panel junto al resto de la electrónica que describiremos a continuación:



Numero	Descripción
1	Conector
2	S. Intensidad
3	Driver
4	Relé
5	Ventilador
6	Pic
7	HC05
8	Convertidor
9	Divisor
10	Estabilizadores

**Figura 78:** Distribución de los elementos en el panel.

**Sensor de intensidad:** respecto al montaje de este sensor decir que hay que sujetarlo bien al panel ya que se van a conectar cables de sección de  $4\text{mm}^2$  por los cuales circulará la intensidad que fluye desde el alternador a la batería. Hay que tener en consideración el sentido de la intensidad ya que la señal que nos proporcionará será negativa o positiva dependiendo del sentido de la corriente. Nos interesa que sea positiva, correspondiente a otra entrada analógica del Conversor A/D del Pic.

**Sensor de tensión:** ya se ha comentado la sencillez del divisor de tensión que sólo son 3 resistencias del mismo valor, para dividir los posibles 15 V a los que puede llegar la batería entre 3, y así como máximo dar 5V, tensión máxima que soportan las entradas analógicas.



*Figura 79: Resistencias para el divisor de tensión.*

### 3. CAPITULO III: SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control tiene que ser capaz de generar un par resistente en el rotor controlado a voluntad por el usuario a través de la aplicación móvil vía bluetooth. Para ello utilizaremos el PIC 16F876A que enviará y recibirá datos por el puerto serie gracias al módulo HC05 que hará de puente entre el puerto serie del  $\mu$ controlador y la aplicación Android.

El par resistente lo variaremos de 0 a 100% con la salida PWM del PIC que a su vez atacará al Driver L298N que será el encargado de variar el ancho de pulso a su salida.

La alimentación del Driver la haremos a 15 V con un 7815, para ello hemos necesitado también un convertidor DC para elevar la tensión hasta los 19 V ya que la de la batería ronda los 12V, pero puede variar y afectar al par que queremos regular. Por esta razón, se ha tenido que acoplar el convertidor y posteriormente el regulador 7815.

El Pic tendrá que medir las revoluciones del rodillo y en caso de ausencia no circulará intensidad por el rotor para que el usuario pueda dar pedaladas con la resistencia mínima a velocidad 0 durante el comienzo, además de evitar consumo eléctrico innecesario.

Un problema que hemos tenido que abordar ha sido que a medida que la batería se carga y sube el voltaje debemos de protegerla en cuanto a voltaje máximo se refiere, ya que hemos anulado el regulador del propio alternador (**Figura 63**); para ello estaremos midiendo constantemente el voltaje de la batería con el convertidor analógico/digital del Pic.

Por otro lado, el par baja en torno a un 70% si por el estator del alternador no circula intensidad que en este caso puede ocurrir si la batería tiene un voltaje elevado. Por esta razón y la del párrafo anterior, hemos instalado una resistencia calefactora de unos 100 W que conectaremos cuando el voltaje de la batería llegue a 14.1 voltios. Todo esto se hace necesario ya que nuestra prioridad es controlar en todo momento el par resistente producido en el alternador para que el ciclista pueda entrenar sin restricciones.

Resumiendo, diremos que para tener un par regulado debemos producir intensidad en el estator, bien cargando la batería para que tenga un voltaje inferior a 14,1 voltios, o consumiendo la potencia en la resistencia calefactora en caso de que el acumulador llegue a tensión máxima.

No debemos olvidar que nuestra segunda prioridad es aprovechar la energía eléctrica producida y acumulada en la batería para después, a través del Inversor DC/AC, que funcionará paralelamente a nuestro sistema de control, el usuario la pueda utilizar en cualquier momento. El inversor tiene su propio sistema de seguridad y corta el consumo de continua si la batería baja a 10 v.

#### 3.1.- PIC 16F877A.

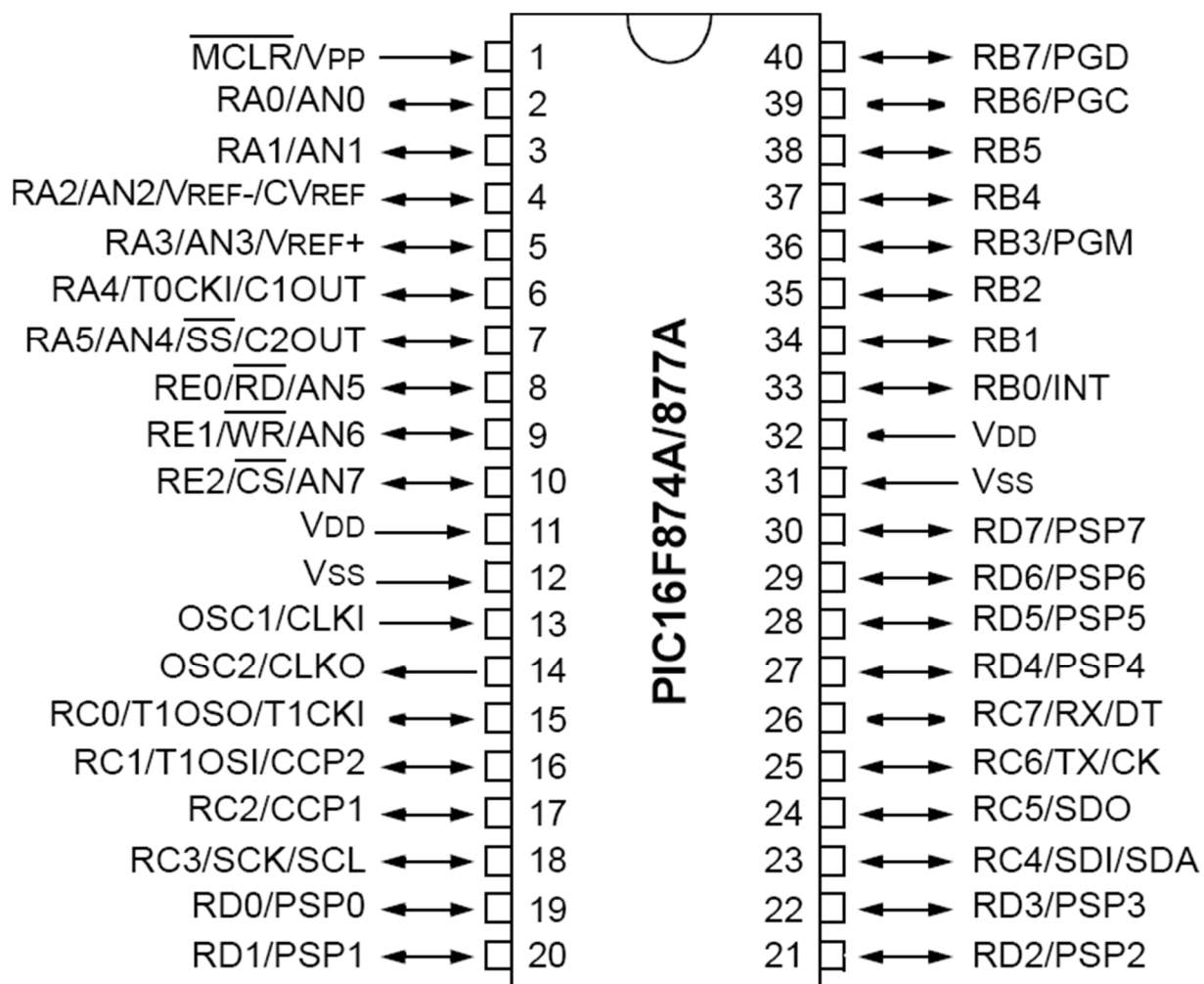
El elemento principal del sistema de control es un Pic 16F877A (Controlador de Interfaz Periférico) fabricado por Microchip. Un microcontrolador se podría definir como un conjunto de circuitos electrónicos encapsulados en un chip, mediante la programación del cual podemos ser capaces de automatizar ciertos procesos.



Un microcontrolador se caracteriza por tener puertos de entrada salida tanto analógicos como digitales, dispone de una unidad aritmética lógica, contadores de programa, temporizadores e interrupciones, memoria de programa y memoria de datos, conversor analógico digital, etc. Todo ello hace que su empleabilidad sea muy cotidiana para cualquier proceso que se lleve a cabo.

En concreto la subfamilia 16F87X es un producto de microchip de gama media pero que para nuestra aplicación nos sobran prestaciones. Entre las características de nuestro chip de 40 terminales se encuentran:

- a) Dos módulos CCP capaces de capturar y comparar impulsos. La captura se efectúa con una precisión 12,5 ns y una resolución de 16bits, la comparación se realiza con una precisión de 200 ns. También tiene la posibilidad de selección PWM para control de motores y otras aplicaciones.
- b) Comunicación serie USART y la MSSP con diferentes protocolos de comunicación.
- c) Comunicación paralela con protocolo PSP que es más rápida que la serie pero necesita más líneas E/S.
- d) Conversor A/D de 10 bits con 8 canales de entada.
- e) Se manejan 14 posibles fuentes de interrupción, 3 temporizadores y 5 puertas de entrada salida.
- f) Incorporan la memoria FLASH, con una capacidad de 4 K y 8 K con palabras de 14 bits, sin cambiar la estructura interna del procesador y conservando el mismo repertorio de instrucciones.
- g) La memoria RAM de datos de los PIC16F87X posee una capacidad de 192 bytes en dos de los modelos y de 368 bytes en los otros dos. Aunque superan ampliamente los 68 bytes del PIC16F84, mantienen la misma estructura basada en 4 bancos de 128 bytes cada uno, seleccionables con los bits RP0 y RP1 del registro de estado.
- h) La memoria de datos no volátil de 64 bytes tipo EEPROM en los PIC16F87X de 28 terminales sube hasta 128 bytes, y en los de 40 terminales a 256 bytes.
- i) Procesador de arquitectura RISC avanzada.
- j) Juego de 35 instrucciones con 14 bits de longitud. Todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucción, menos las de salto que tardan dos.
- k) Frecuencia de 20 MHz.
- l) Pila con 8 niveles.
- m) Modos de direccionamiento directo, indirecto y relativo.
- n) Perro guardián (WDT).
- o) Código de protección programable.
- p) Modo SLEEP de bajo consumo.
- q) Programación serie en circuito con dos terminales.
- r) Tensión de alimentación comprendido entre 2 y 5,5 V.
- s) Bajo consumo, menos de 2mA a 5V y 5MHz



**Figura 80:** Descripción del patillaje 16F876A

**OSC1/CLKIN (9):** entrada del cristal de cuarzo o del oscilador externo.

**OSC2/CLKOUT (10):** salida del cristal de cuarzo.

**VSS (8, 19):** conexión a tierra.

**VDD (20):** entrada de la alimentación positiva.

**MCLR#/VPP/THV (1):** entrada de reset o entrada de tensión de programación o tensión alta en el modo test.

**RA0/AN0 (2):** puede actuar como línea digital de E/S o como entrada analógica.

**RA1/AN1 (3):** igual que la anterior.

**RA2/AN2/VREF- (4):** puede ser línea digital de E/S, entrada analógica o entrada de tensión negativa.

**RA3/AN3/VREF+ (5):** línea digital de E/S, entrada analógica o entrada de tensión positiva.

**RA4/T0CKI (6):** línea digital de E/S o entrada del reloj del Timer0. Salida con colector abierto.

**RA5/SS#/AN4 (7):** línea digital de E/S, entrada analógica o selección como esclavo de la puerta serie síncrona.

**RB0/INT (21):** línea digital de E/S o entrada de petición de interrupción externa.

**RB1 (22):** línea de E/S digital.

**RB2 (23):** línea de E/S digital.

**RB3/PGM (24):** línea de E/S digital o entrada del voltaje bajo para programación.

**RB4 (25):** línea de E/S digital.

**RB5 (26):** línea de E/S digital.

**RB6/PGC (27):** línea digital de E/S. En la programación serie recibe las señales de reloj.

**RB7/PGD (28):** línea digital de E/S. En la programación serie actúa como entrada de datos.

**RC0/T1OSO/T1CKI (11):** línea digital de E/S o salida del oscilador del Timer1 o como entrada de reloj del Timer1.

**RC1/T1OSI/CCP2 (12):** línea digital de E/S o entrada al oscilador del Timer1 o entrada al módulo Captura2/salida Comparación2/salida de PWM2.

**RC2/CCP1 (13):** E/S digital. También puede actuar como entrada Captura1/Salida Comparación1/salida de PWM1.

**RC3/SCK/SCL (14):** E/S digital o entrada de reloj serie síncrona/salida de los modos SPI e I2C.

**RC4/SDI/SDA (15):** E/S digital o entrada de datos en modo SPI o I/O datos en modo I2C.

**RC5/SDO (16):** E/S digital o salida de datos en modo SPI.

**RC6/TX/CK (17):** E/S digital o patita del transmisor del USART asíncrono o como reloj del síncrono.

**RC7/RX/DT (18):** E/S digital o receptor del USART asíncrono o como datos en el síncrono.

**RD0/PSP0-RD7/PSP7:** los 8 terminales de esta puerta pueden actuar como líneas de E/S digitales o como líneas para transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava. Sólo están disponibles en los PIC16F874/7.

**RE0/RD#/AN5:** E/S digital o señal de lectura para la puerta paralela esclava o entrada analógica (canal 5).

**RE1/WR#/AN6:** E/S digital o señal de escritura para la puerta paralela esclava o entrada analógica al conversor A/D (canal 6).

**RE2/CS#/AN7:** E/S digital o activación/desactivación de la puerta paralela esclava o entrada analógica (canal 7).

### 3.1.1- Arquitectura diagrama de conexiones e instrucciones.

La arquitectura de este PIC se caracteriza por la independencia entre la memoria de código y la de datos. Así, tanto la capacidad como el tamaño de los buses de cada memoria se adaptan estrictamente a las necesidades del diseño, facilitando el trabajo en paralelo de las dos memorias, lo que permite obtener altas cotas de rendimiento.

La filosofía RISC se hace patente en el reducido número de instrucciones que forman su repertorio, sólo consta de 35 instrucciones, que se ejecutan en un ciclo de instrucción, equivalente a cuatro períodos de reloj, excepto las de salto que necesitan dos ciclos, como puede verse en la figura 3.

La memoria de código está direccionada por el PC (contador de programa) en conexión con la pila de 8 niveles. La memoria de datos RAM contiene el banco de registros específicos y el banco de los registros de propósito general y transfiere información bidireccional por el bus de datos de 8 líneas que interconecta todos los elementos.

Finalmente, el camino de datos está formado por una ALU de 8 bits que trabaja con el registro de trabajo W [7].

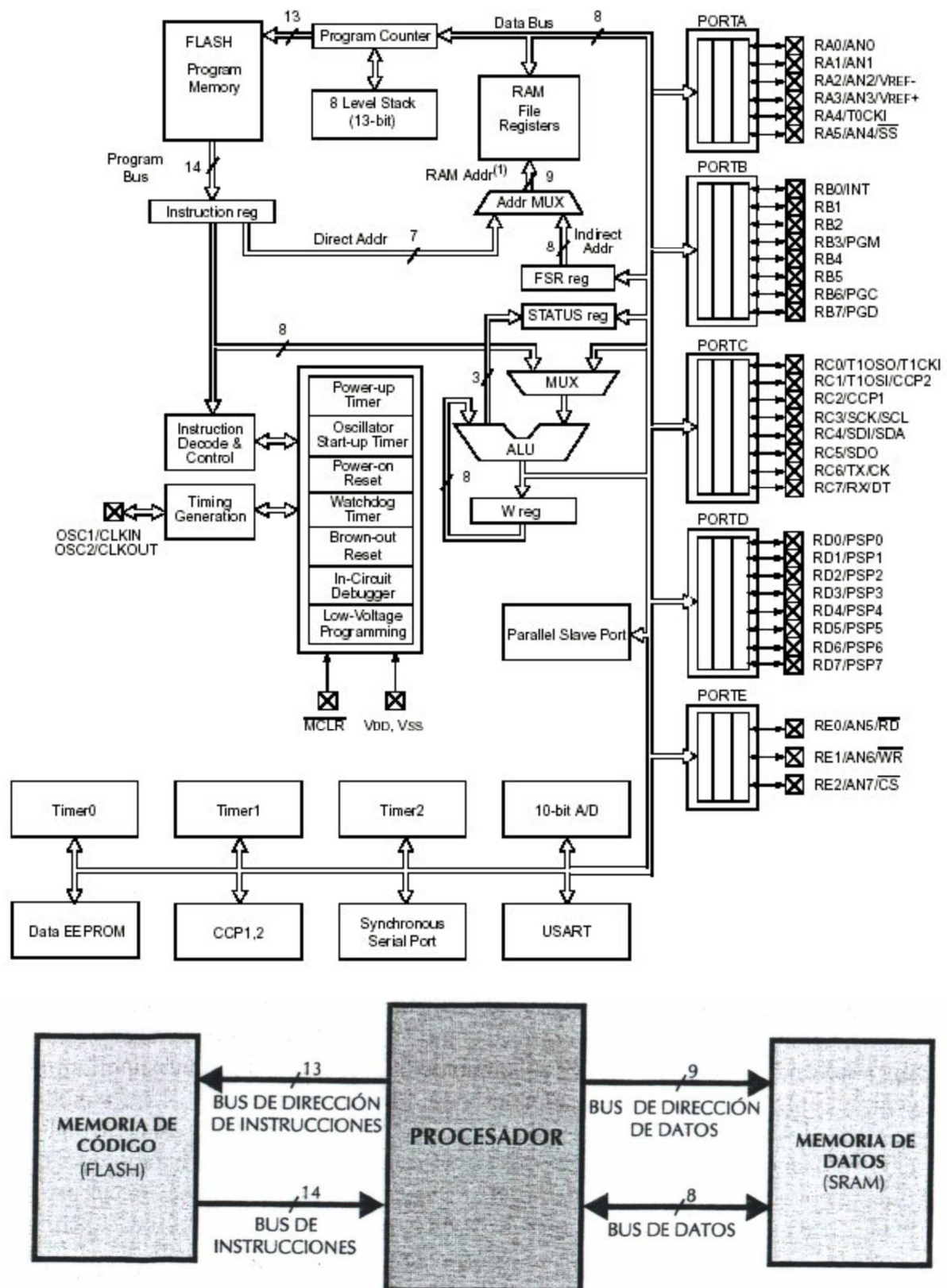


Figura 81: Comunicación interna del Pic.

Tabla 5: Instrucciones en Ensamblador.

NEMÓNICO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO OP	FLAGS AFECTADOS	NOTAS
<b>Instrucciones orientadas a registros</b>				
ADDWF f,d	(W)+(f) a (destino)	00 0111 dfff ffff	C, DC, Z	1,2
ANDWF f,d	(W) AND (f) a (destino)	00 0101 dfff ffff	Z	1,2
CLRF f	00 a (f)	00 0001 1fff ffff	Z	2
CLRWF	00 a (W)	00 0001 0000 0011	Z	
COMF f,d	Complemento de f [(#f)à (destino)]	00 1001 dfff ffff	Z	1,2
DECf f,d	(f)-1 a destino	00 0011 dfff ffff	Z	1,2
DECFSZ f,d	(f)-1 a destino y si resultado es 0 salta	00 1011 dfff ffff	Ninguno	1,2,3
INCF f,d	(f)+1 a destino	00 1010 dfff ffff	Z	1,2
INCFSZ f,d	(f)+1 a destino y si resultado es 0 salta	00 1111 dfff ffff	Ninguno	1,2,3
IORWF f,d	(W) OR (f) a destino	00 0100 dfff ffff	Z	1,2
MOVF f,d	Mueve f a destino	00 1000 dfff ffff	Z	1,2
MOVWF f	(W) a (f)	00 0000 1fff ffff	Ninguno	
NOP	No operación	00 0000 0xx0 0000	Ninguno	
RLF f,d	Rota f a la izq a través del carry a destino	00 1101 dfff ffff	C	1,2
RRF f,d	Rota f a la dcha a través del cary a destino	00 1100 dfff ffff	C	1,2
SUBWF f,d	(f)-(W) a (destino)	00 0010 dfff ffff	C, DC, Z	1,2
SWAPF f,d	Cambia 4 bits de más peso por los 4 bits de menos peso de f a destino	00 1110 dfff ffff	Ninguno	1,2
XORWF f,d	(W) XOR (f) a (destino)	00 0110 dfff ffff	Z	1,2
<b>Instrucciones orientadas a bits</b>				
BCF f,b	Pone a 0 el bit b del registro f	01 00bb bfff ffff	Ninguno	1,2
BSF f,b	Pone a 1 el bit b del registro f	01 01bb bfff ffff	Ninguno	1,2
BTFSC f,b	Brinco si el bit b del reg. f es 0	01 10bb bfff ffff	Ninguno	3
BTFSS f,b	Brinco si el bit b del reg. f es 1	01 11bb bfff ffff	Ninguno	3
<b>Instrucciones con literales y de control</b>				
ADDLW K	(W)+ K a (W)	11 111x kkkk kkkk	C, DC, Z	
ANDLW K	(W) AND K a (W)	11 1001 kkkk kkkk	Z	
CALL K	Llamada a subrutina	10 0kkk kkkk kkkk	Ninguno	
CLRWDT	Borado del temporizador del WD	00 0000 0110 0100	TO#, PD#	
GOTO K	Go To dirección	10 1kkk kkkk kkkk	Ninguno	
IORLW K	(W) OR K a (W)	11 1000 kkkk kkkk	Z	
MOVLW K	K à (W)	11 00xx kkkk kkkk	Ninguno	
RETFIE	Retorno de una interrupción	00 0000 0000 1001	Ninguno	
RETLW K	Retorno con un literal en W	11 01xx kkkk kkkk	Ninguno	
RETURN	Retorno de una subrutina	00 0000 0000 1000	Ninguno	
SLEEP	Modo Standby	00 0000 0110 0011	TO#, PD#	
SUBLW K	K – (W) a W	11 110x kkkk kkkk	C,DC,Z	
XORLW K	(W) XOR K a (W)	11 1010 kkkk kkkk	Z	

Notas:

1.- Al modificar un registro de E/S con una operación sobre él mismo (por ejemplo, MOVF PORTB, 1), el valor utilizado es el que se halle presente en los pines del PORTB. Por ejemplo, si el biestable tiene un "1" para una patilla configurada como entrada y se pone a nivel bajo desde el exterior, el dato se volverá a escribir como "0".

2.- Si se ejecuta esta instrucción sobre el TMR0 y d=1, será borrado el divisor de frecuencia (preescaler), si está asignado al TMR0.

3.- Si se modifica el contador de programa (PC) o una condición de prueba es verdadera, la instrucción requiere dos ciclos máquina. El segundo ciclo se ejecuta como un NOP.

### 3.1.2.- Comunicación serie USART.

Los PIC 16F87X contienen un módulo MSSP con dos puertas para la comunicación serie síncrona, o sea, con señal de reloj. Además, también disponen de un módulo USART capaz de soportar la comunicación serie síncrona y asíncrona.

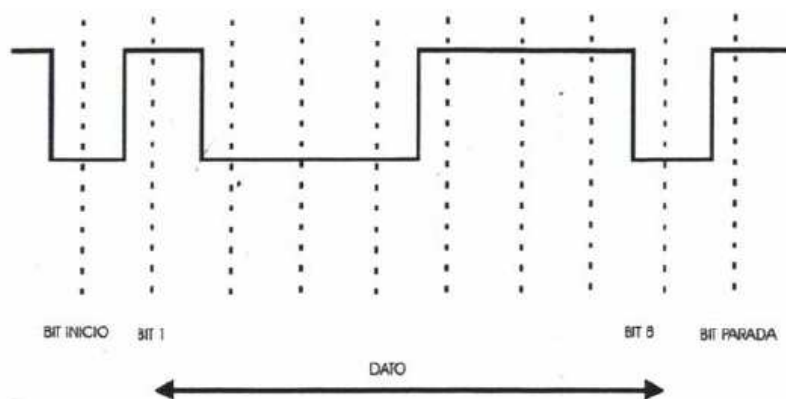
El USART, llamado SCI (Serial Communications Interface), puede funcionar como un sistema de comunicación full duplex o bidireccional asíncrono, adaptándose a multitud de periféricos y dispositivos que transfieren información de esta forma, tales como el monitor CRT o el ordenador PC. También puede trabajar en modo síncrono unidireccional o half duplex para soportar periféricos como memorias, conversores, etc.

En resumen, el USART puede trabajar de tres maneras:

- Asíncrona, full duplex bidireccional.
- Síncrona maestro, half duplex unidireccional.
- Síncrona esclavo, half duplex unidireccional.

En la figura 76 se muestra un esquema del comportamiento del USART en modo asíncrono y síncrono. En el primero, las transferencias de información se realizan sobre dos líneas TX (transmisión) y RX (recepción), saliendo y entrando los bits por dichas líneas al ritmo de una frecuencia controlada internamente por el USART. En el modo síncrono, la comunicación se realiza sobre dos líneas, la DT que traslada en los dos sentidos los bits a la frecuencia de los pulsos de reloj que salen por la línea CK desde el maestro. En ambos modos las líneas de comunicación son las dos de más peso de la puerta C: RC6/TX/CK y RC7/RX/DT.

Nosotros, para comunicar el Pic con el Smartphone utilizaremos el protocolo asíncrono del USART. En esta forma de comunicación serie, se usa la norma RS-232-C, donde cada palabra de información o dato se envía independientemente de los demás.



**Figura 82:** Ejemplo de envío del dato.

En el protocolo de comunicación asíncrono, cada palabra de información o dato consta de 8 o 9 bits, estando precedidos por un bit de INICIO y les sigue un bit de PARADA.

Los bits se transfieren al ritmo de la frecuencia de reloj establecida.

Los cuatro bloques que configuran la arquitectura del USART, en modo asíncrono, son:

- Circuito de muestreo.
- Generador de baudios.
- Transmisor asíncrono.
- Receptor asíncrono.

El circuito de muestreo actúa sobre el terminal RC7/RX/DT, que es por donde se recibe el bit de información o control y se encarga de muestrear tres veces su valor, para decidir éste por mayoría.

En el protocolo asíncrono RS-232-C, la frecuencia en baudios (bits por segundo) a la que se realiza la transferencia se debe efectuar a un valor normalizado: 330, 600, 1200, 4800, 9600, 19200, 38400, etc. Para generar esta frecuencia, el USART dispone de un generador de frecuencia en baudios, BRG, cuyo valor es controlado por el contenido grabado en el registro SPBRG.

El dato que se desea transmitir por el USART se deposita en el registro TXREG y a continuación se traspa al registro de desplazamiento TSR, que va sacando los bits secuencialmente y a la frecuencia establecida. Además, antes de los bits del dato de información incluye un bit de INICIO y después de sacar todos los bits añade un bit de PARADA. El USART receptor recibe, uno a uno, los bits, elimina los dos de control y los de información una vez que han llenado el registro de desplazamiento RSR los traslada automáticamente al registro RCREG, donde quedan disponibles para su posterior procesamiento.

El dato a transferir se carga por software en TXREG y se transfiere al TSR en cuanto se haya transmitido el bit de PARADA del dato anterior. La transferencia entre los dos registros se realiza en un ciclo y entonces el señalizador TXIF se pone a 1, para advertir que el registro de transmisión se ha vaciado. También en este momento puede producirse una interrupción si se ha posibilitado programando el bit TXIE=1 en el registro PIE1 bit 4. Cuando se escribe otro dato sobre TXREG, el señalizador TXIF se pone a 0. El bit TRMT sirve para indicar el estado del registro TSR y vale 1 cuando está vacío.

Los datos se reciben en serie, bit a bit, por el terminal RC7/RX/DT y se van introduciendo secuencialmente en el registro desplazamiento RSR, que funciona a una frecuencia 16 veces más rápida que la de trabajo. Cuando el dato consta de 9 bits hay que programar el bit RX9=1 y el noveno bit de información se colocará en el bit RX9D del registro RCSTA. Obsérvese en la figura 83 el control sobre el noveno bit con las puertas de control y las señales que se aplican ADDEN=1. Cuando CREN=1 en el registro RCSTA, bit 4, se habilita la recepción.

Cuando un procesador maestro intenta enviar información a uno de los esclavos, primero envía un byte de dirección que identifica al destinatario. El byte de dirección se identifica porque el bit RX9D que llega vale 1. Si el bit ADDEN=1 en el esclavo se ignoran todos los bytes de datos. Pero si el noveno bit que se recibe vale 1, quiere decir que se trata de una dirección y el esclavo provocará una interrupción, y se transferirá el contenido del registro RSR al buffer de recepción. Tras la interrupción, el esclavo deberá examinar la dirección y si coincide con la suya poner ADDEN=0 para poder recibir datos del maestro.

### 3.1.3.- MPLAB y entorno de programación:

MPLAB es un editor IDE gratuito, destinado a productos de la marca Microchip. Este editor es modular, permite seleccionar los distintos microcontroladores soportados, además de permitir la grabación de estos circuitos integrados directamente al programador.





*Figura 83: Icono de Mplab Ide.*

Es un programa que se puede ejecutar bajo Windows, Mac OS y Linux. Presenta las clásicas barras de programa, de menú, de herramientas de estado, etc. El ambiente MPLAB® posee editor de texto, compilador y simulación (no en tiempo real).

Para comenzar un programa desde cero para luego grabarlo al  $\mu$ C en MPLAB® v7.XX los pasos a seguir son:

- Crear un nuevo archivo con extensión .ASM y nombre cualquiera
- Crear un Proyecto nuevo eligiendo un nombre y ubicación
- Agregar el archivo .ASM como un SOURCE FILE
- Elegir el microcontrolador a utilizar desde SELECT DEVICE del menú CONFIGURE

Una vez realizado esto, se está en condiciones de empezar a escribir el programa respetando las directivas necesarias y la sintaxis para luego compilarlo y grabarlo en el PIC.

Para esto, desde el menú PROJECT se elige la opción BUILD ALL (construir todo) que, si no da error, devolverá un mensaje como BUILD SUCCESFULL. Los errores que muestra el compilador son de tipo sintáctico, es decir, si el programa "construido" llegara a tener un error, por ejemplo que esperase a que se ponga un bit en "0" y nunca pasase, se estará en un bucle infinito a pesar de que el compilador compilará perfectamente porque no hay error de sintaxis.

También existen mensajes y advertencias. Alguno de los mensajes puede ser, por ejemplo, que se está trabajando en un banco de memoria que no es el bank 0, o mensajes similares. Las advertencias tienen un poco más de peso, como por ejemplo que el PIC seleccionado no sea el mismo que está definido en el programa. En ambos casos, mensajes y advertencias, la compilación termina satisfactoriamente, pero hay que tener en cuenta siempre lo que nos dicen estos para prevenir errores.

Terminada la compilación el MPLAB® nos genera un archivo de extensión .hex el cual es completamente entendible para el PIC. Es decir, solo faltaría grabarlo al PIC por medio de una interfaz como por ejemplo el programador Picket 3 de microchip. Una vez completado esto, se alimenta al mismo y el programa ya se estará ejecutando.



**Figura 84: Pickit 3 y accesorios.**

El PICkit 3 permite no sólo la programación sino también la depuración del programa en microcontroladores PIC y dsPIC de memoria Flash, "In circuit" (en circuito) en tiempo real con su propio hardware, depuración con breakpoints por hardware, configuración de breakpoints basados en eventos internos, monitoreo de registros internos y emulación a full speed, empleando la interface gráfica de usuario del Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) llamada MPLAB. También se puede utilizar mediante el "Pickit 3 Programmer", una aplicación de Microchip sencilla y rápida de usar independiente del MPLAB que además permite usar el Pickit como un analizador lógico de 3 canales o como 4 salidas de datos digitales.

El PICkit 3 puede programar un amplísimo rango de microcontroladores incluyendo las familias PIC10F, PIC12F, PIC16F, PIC18F, PIC24F/H, PIC32, dsPIC30F y dsPIC33F. Adicionalmente su firmware es actualizable, y Microchip libera regularmente nuevas versiones de este para soportar los nuevos chips, además de nuevas funcionalidades.

Se puede programar sin necesidad de un computador con la función "Programmer To-Go" y es compatible con MPLAB X (última versión de Mplab).

### Características:

- Interface USB (Full speed 12 Mbits/s).
- Ejecución en tiempo real.
- Compatible con el IDE MPLAB.
- Monitor de sobre voltaje y sobre corriente incorporado.
- Firmware actualizable desde Internet.
- Caja plástica totalmente cerrada.
- Soporta bajo voltaje hasta 2.0 V (Rango 2.0 V a 6.0 V).
- LEDs de diagnóstico (power, busy, error).

- Pulsador para poner en modo de actualización de firmware y para la función Programmer-to-Go.
- Lectura y escritura de las memorias de programa y datos de los microcontroladores
- Borrado del espacio de memoria de programa con verificación
- Congelamiento de los periféricos en los breakpoints.
- Programación de hasta 512 kbyte de memoria flash con la función Programmer-to-Go
- Soporta la familia PIC32.
- Compatible con Windows XP/Vista/7/8/8.1/10, MAC, Linux.

Para cargar el programa en el Pic podemos hacerlo mediante el socket que trae el Pickit 3, que implica desconectar el microcontrolador del zócalo del circuito cada vez que queramos cargar el programa con el peligro de partir alguna patilla además de no poder ver datos en tiempo real que nos servirán para programar mejor nuestra aplicación. La otra opción es conectar los terminales del pickit 3 directamente al zócalo del micro tal como se describe en la siguiente imagen para poder cargar tantas veces como queramos el programa sin quitar el PIC además de poder ver registros internos en tiempo real.

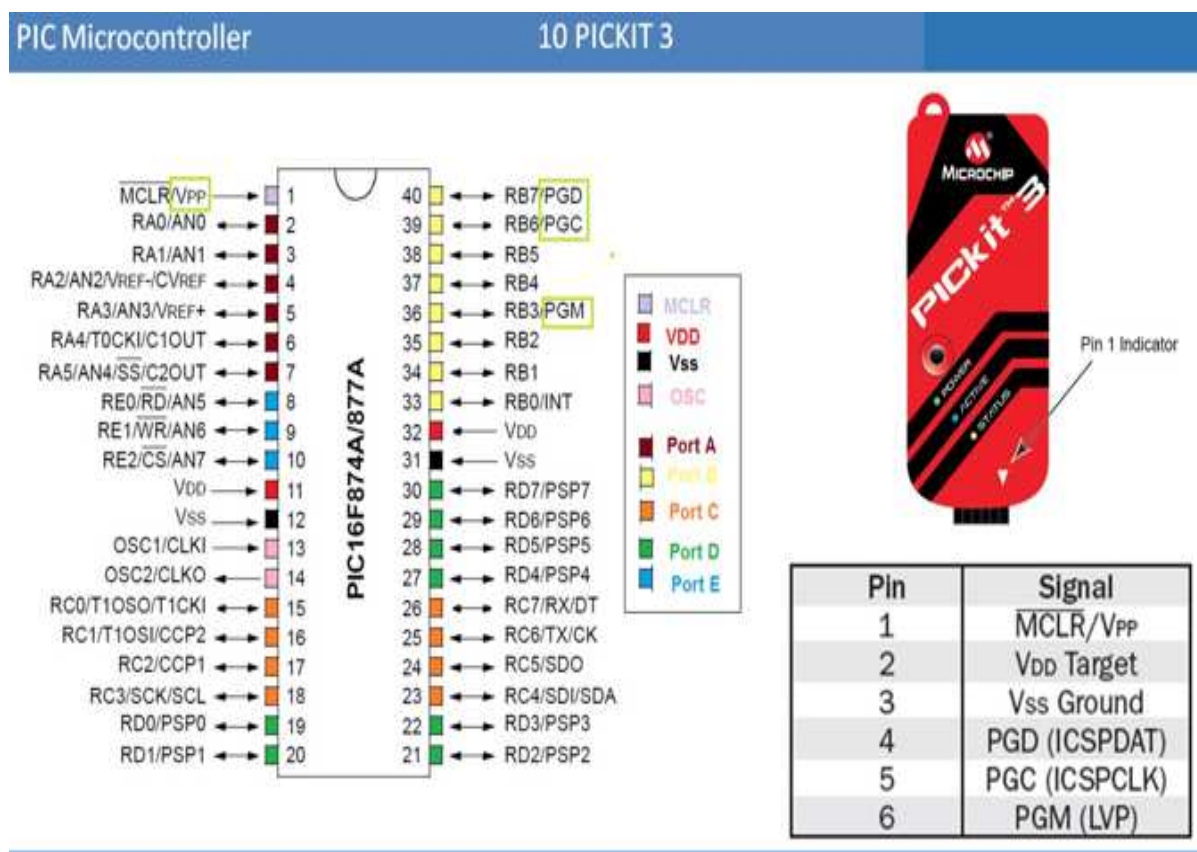
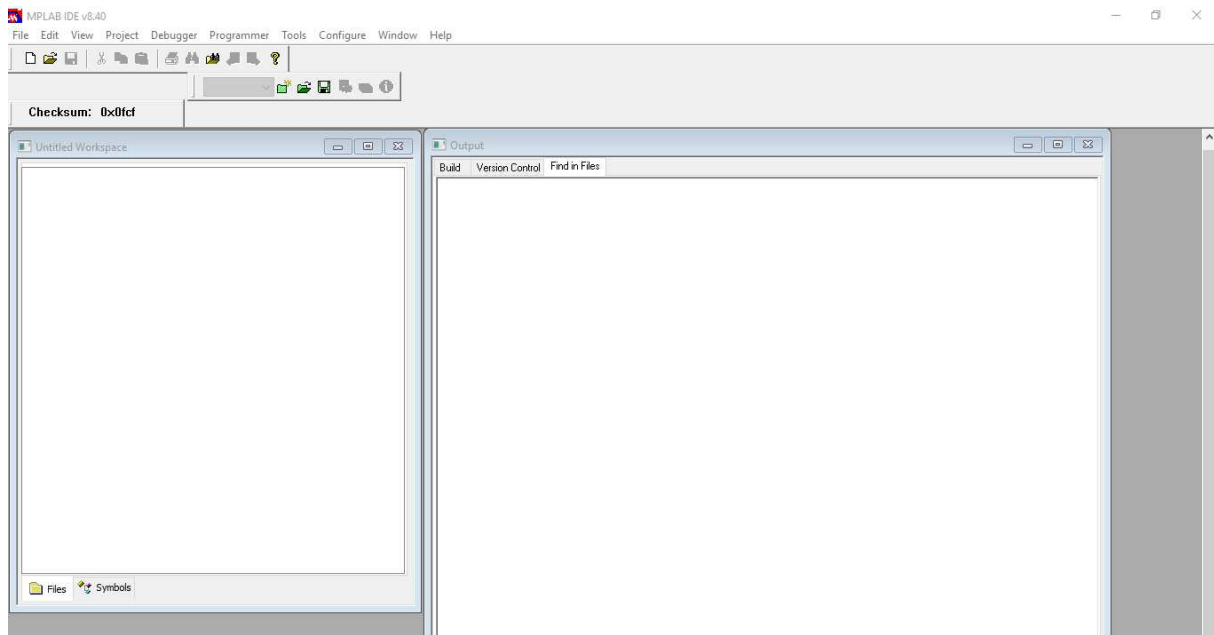


Figura 85: Terminales de conexión para la comunicación.

Respecto al programa en sí, trabajaremos con el MPLAB IDE V.8.40. La pantalla inicial será como la de la siguiente figura.



**Figura 86:** Pantalla de inicio MPLAB.

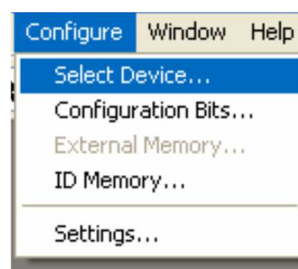
Con el fin de crear el código hexadecimal (.hex) que la interfaz de programación necesita para programar el microcontrolador, los archivos fuente se deben asociar a un proyecto. El proyecto controla todo el proceso.

Los pasos necesarios para trabajar con el entorno de MPLAB IDE son:

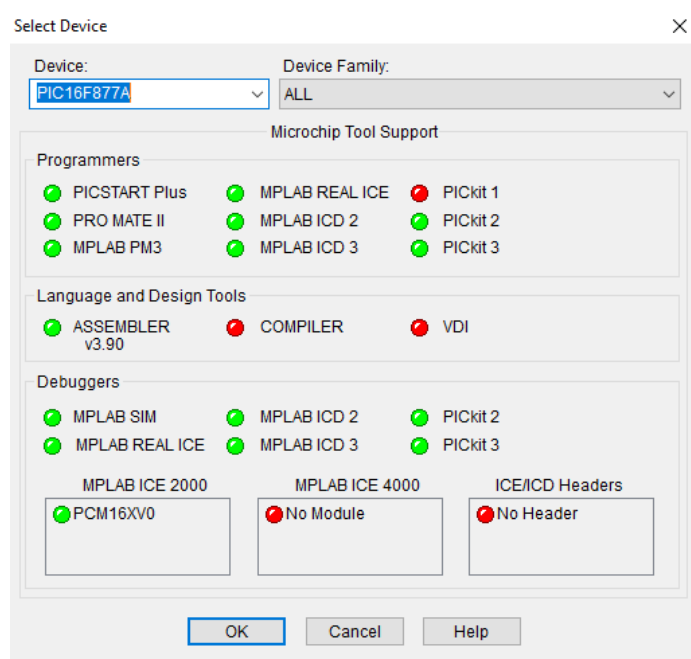
- a) Seleccionar el dispositivo.
- b) Crear el proyecto.
- c) Seleccionar las herramientas de lenguaje (Toolsuite).
- d) Crear el código fuente (.asm).
- e) Agregar los archivos al proyecto.
- f) Construir el proyecto.

**a) Seleccionar el dispositivo.**

Desde el menú principal seleccionamos: *Configure>Select Device*.



**Figura 87:** Selección del PIC.



**Figura 88:** Dispositivos que soporta.

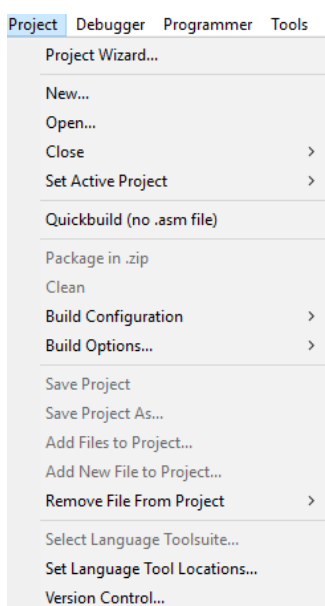
En esta pantalla, en la ventana Device se selecciona el dispositivo a utilizar. La ventana de la derecha denominada Device Family permite agruparlos por familia para realizar una selección más rápida.

Se activará la información referida a los programadores que soportan al dispositivo seleccionado, así como los lenguajes y depuradores.

*Las opciones en color verde indican que sí lo soporta y ya han sido probados, las amarillas indican que aún no ha sido probado para este dispositivo y las rojas indican que no lo soportan.*

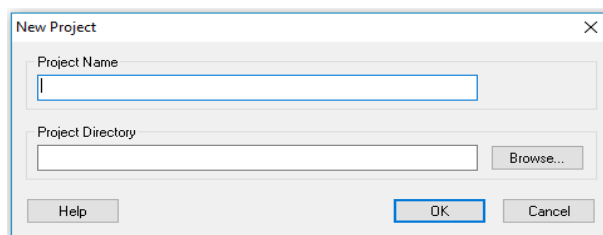
#### b) Crear el proyecto.

El archivo .asm que se va a crear debe ser relacionado a un proyecto para su ensamblaje, detección de errores de sintaxis, obtención del .hex y simulación.



**Figura 89:** Creando el proyecto.

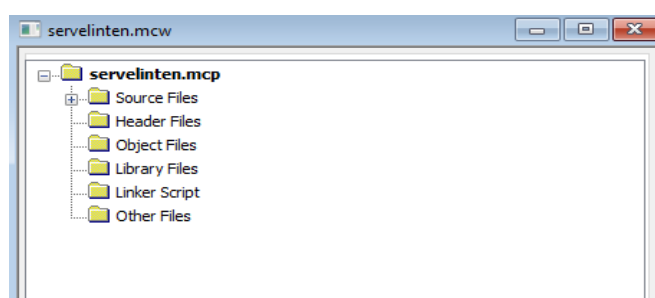
Para crear el proyecto desde el menú principal seleccione **Project> New project** (o seleccione **Project>Project Wizard**, para activar el asistente de proyectos, el cual lo guiará paso a paso).



**Figura 90:** Ubicar el archivo.

Se asigna un nombre al proyecto y en *Project Directory* se escribe la dirección donde se desea crear el proyecto. La carpeta será la misma en la cual estará también el archivo .asm.

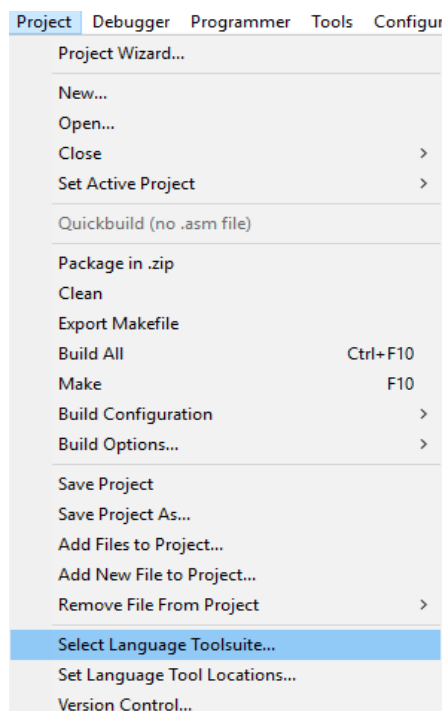
Ventana de información del proyecto.



**Figura 91:** Archivos del proyecto.

### c) Seleccionar las herramientas de lenguaje (Toolsuite).

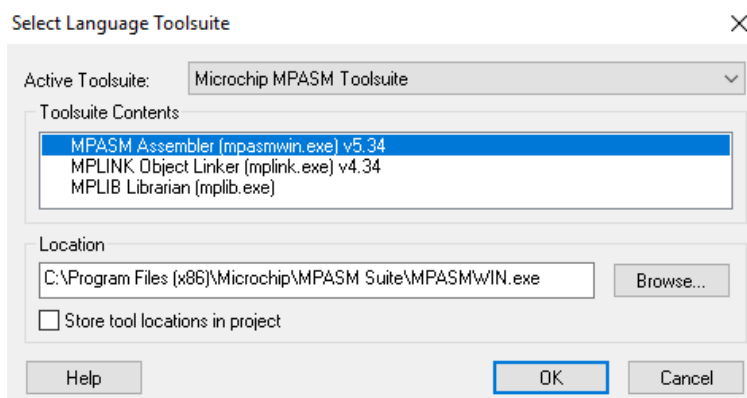
Para Seleccionar el conjunto de herramientas seleccionamos **Project>Select Lenguaje Toolsuite**.



**Figura 92:** Tipo de lenguaje para programar.



En el menú Active Toolsuite Seleccionamos Microchip MPASM Toolsuite.

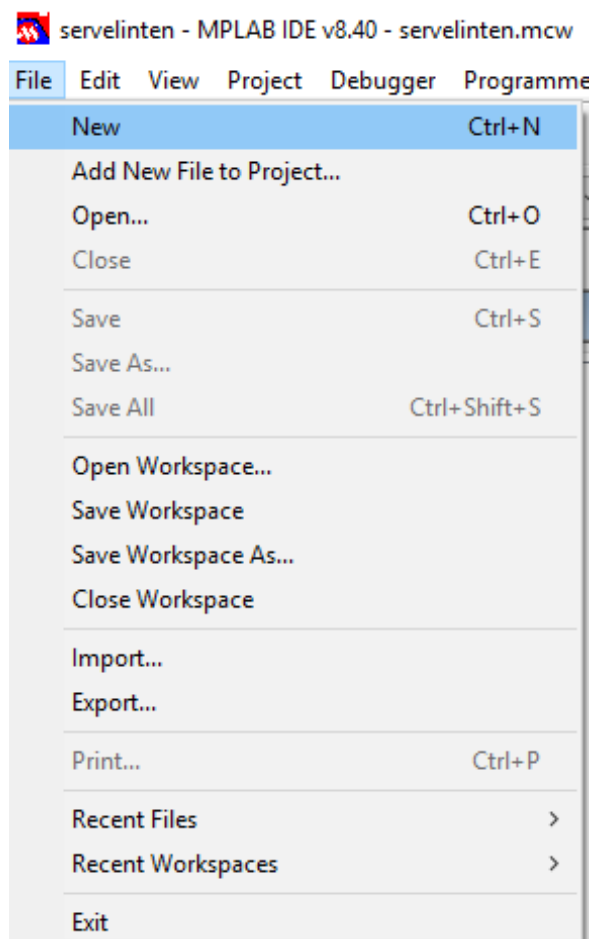


**Figura 93:** Menú herramientas.

Si alguna de las herramientas muestra una “X” de color rojo significa que MPLAB IDE no sabe dónde encontrarla.

#### d) Crear el código fuente (.asm).

En la opción New en el Menú File se desplegará la ventana donde editar el archivo fuente.



**Figura 94:** Crear el archivo fuente.

```

LIST      P=PIC16F877A
INCLUDE  "P16F877A.INC"

;Registros
DATOSERIE      EQU 0X020
DELAY          EQU 0X021
BYTEL          EQU 0X022
BYTEH          EQU 0X023
DELAY1         EQU 0X024
DELAY2         EQU 0X025
TENSION        EQU 0X026
VALMAXTEN      EQU 0X027
CONTA01        EQU 0X028
; inicio
      org      0x00
      goto     INICIO
      org      0x04
      goto     INTER|

; Se transmite via Serie el dato que esta en el registro W
TX_DAT0  bcf     PIR1,TXIF      ; Restaura el flag del transmisor
          movwf  TXREG          ; Mueve el byte a transmitir al registro de transmision
          bsf     STATUS,RP0     ; Bank01
          bcf     STATUS,RP1
TX_DAT_W  btfss  TXSTA,TRMT     ; ¿Byte transmitido?
          goto    TX_DAT_W      ; No, esperar
          bcf     STATUS,RP0     ; Si, vuelta a Bank00
          return

; pwm para control del par
PARPWM    bsf     STATUS,5
          movlw   b'01100011'    ;valor para 50khz
          movwf   PR2
          bcf     STATUS,5
          movf    DATOSERIE,W    ;valor PARA EL PAR
          movwf   CCP1L
          movlw   b'00001100'
          movwf   CCP1CON
          movlw   b'00000100'
          movwf   T2CON
          goto    VOLVER

```

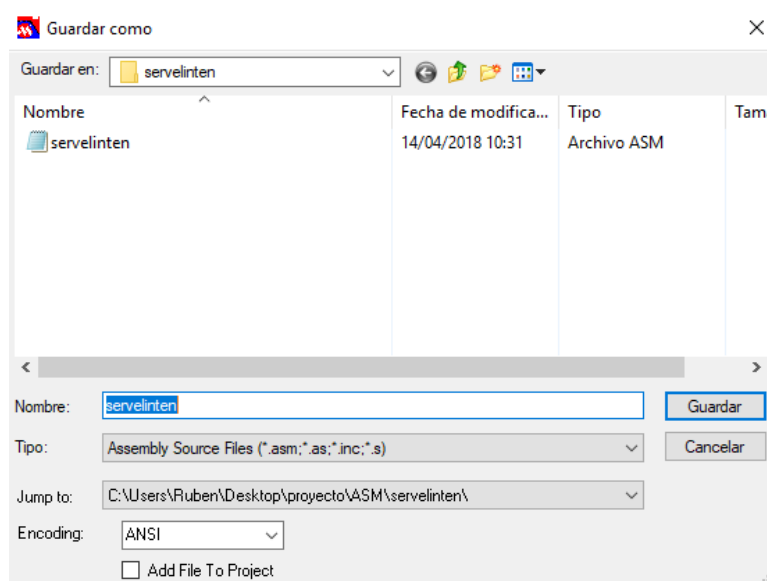
**Figura 95:** Ejemplo de código en ASM.

### Normas de escritura del programa fuente:

En cada línea puede haber hasta 4 tipos de información: etiquetas, mnemónicos, operandos y comentarios.

- **Las etiquetas:** Deben comenzar por una letra o por “\_”, y pueden tener caracteres alfanuméricos, “\_”, y “?”. Se escriben en la columna 1 (borde izquierdo de la página).
- **Mnemónicos:** Los mnemónicos de las instrucciones de ensamblador, las directivas y las llamadas a macros deben comenzar, al menos, en la columna 2 (1 espacio después del borde izquierdo), aunque normalmente se usa la tecla “TAB”. Si en la misma línea hay una etiqueta, deben estar separados por uno o más espacios (o “TAB”).
- **Operandos:** Los operandos van después de los mnemónicos y deben separarse de éstos uno o más espacios (o “TAB”). Los operandos que vienen en listas deben separarse por “,”.
- **Comentarios:** Los comentarios comienzan con “;” y se escriben en cualquier columna. Todo lo que vaya después del “;” se considera comentario.

Al transcribir el código fuente las letras son todas de color negro. Esto indica que aún no tiene formato de código assembler (.asm). Tenemos que guardarlo y escoger el formato.



**Figura 96:** Guardar el archivo fuente.

Hay que seleccionar el directorio donde guardarlo, teniendo en cuenta que la dirección del archivo no debe exceder los 62 caracteres y teniendo la extensión .asm.

```

|   LIST      P=PIC16F877A
    INCLUDE "P16F877A.INC"
;Registros
DATOSERIE      EQU 0X020
DELAY          EQU 0X021
BYTEL          EQU 0X022
BYTEH          EQU 0X023
DELAY1         EQU 0X024
DELAY2         EQU 0X025
TENSION        EQU 0X026
VALMAXTEN      EQU 0X027
CONTA01        EQU 0X028
; inicio
                org      0x00
                goto     INICIO
                org      0x04
                goto     INTER

; Se transmite via Serie el dato que esta en el registro W
TX_DATO        bcf       PIR1, TXIF      ; Restaura el flag del transmisor
                movwf    TXREG           ; Mueve el byte a transmitir al registro de transmision
                bsf      STATUS, RP0     ; Bank01
                bcf      STATUS, RP1
TX_DAT_W       btfss    TXSTA, TRMT     ; ¿Byte transmitido?
                goto     TX_DAT_W       ; No, esperar
                bcf      STATUS, RP0     ; Si, vuelta a Bank00
                return

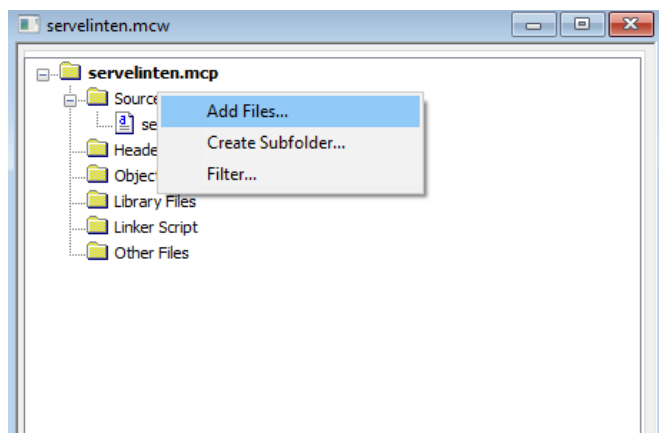
```

**Figura 97:** Diferentes colores de los elementos en ASM.

Una vez guardado con la extensión .asm, el programa le asigna un color distinto a cada elemento. Por defecto, las instrucciones son de color azul y resaltadas en negritas, los comentarios son verdes, las etiquetas son rojas; y así, a cada elemento se le detecta rápidamente por su formato y color. Estos pueden ser ajustados por el usuario.

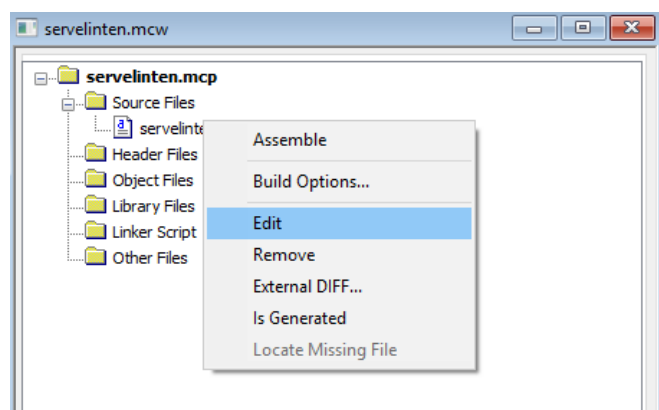
e) Agregar los archivos al proyecto.

Se pueden relacionar varios archivos .asm al proyecto. Al hacer clic con el botón derecho del ratón sobre la opción *Source Files* y seleccionar *Add Files* aparece la ventana de selección. En este caso sólo tenemos un archivo.



**Figura 98:** Insertar varios archivos de código.

Para editar el archivo *servelinten.asm* se hace doble clic con el ratón o dando botón derecho en la opción *Editar*.



**Figura 99:** Para modificar el archivo.

f) Construir el proyecto.

Una vez que el proyecto está creado y los archivos relacionados, se debe ensamblar.

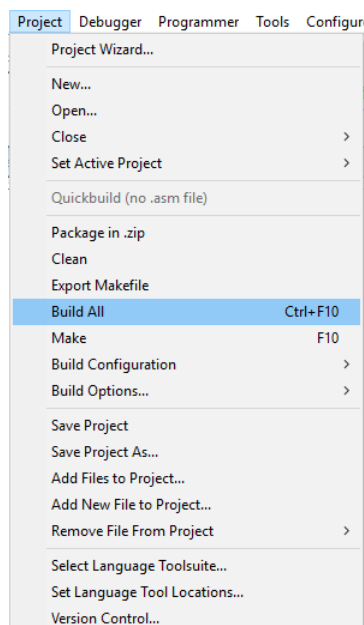
Para eso el entorno MPLAB utiliza el programa MPASMWIN. El procedimiento a seguir es el siguiente:

*Project > Build All.*

También puede utilizarse el icono correspondiente de la barra de herramientas.

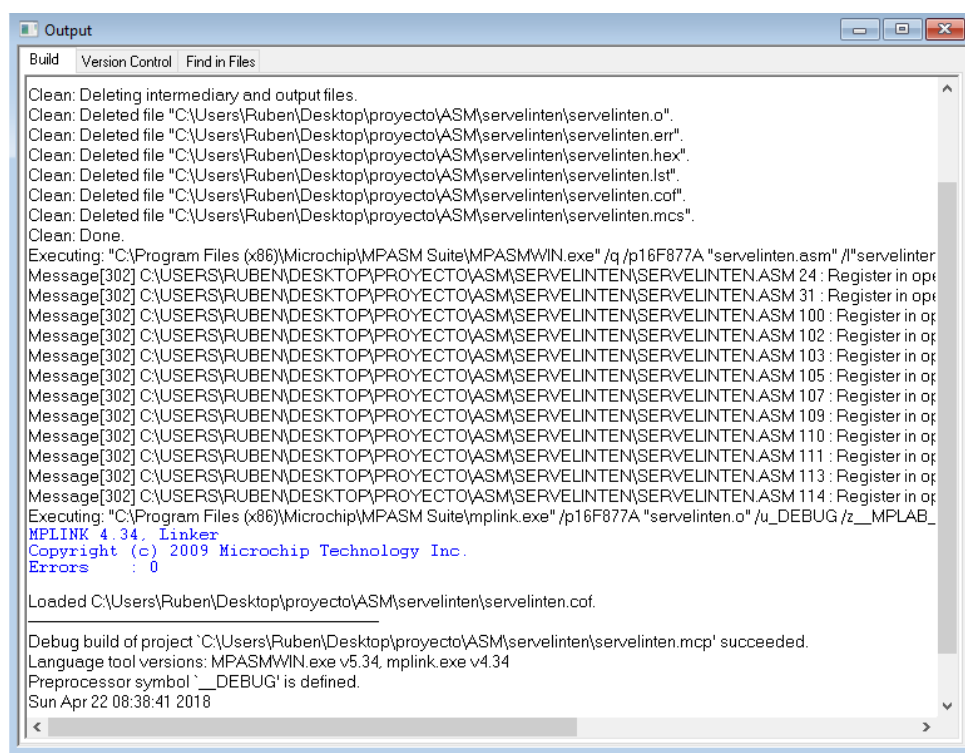


**Figura 100:** Icono para ensamblar el archivo.



**Figura 101:** Ensamblar mediante la ruta normal.

En la ventana Output se observarán los detalles del ensamblaje. Si no hay errores se observará una ventana como la siguiente:



**Figura 102:** Ventana output de comprobación.

La última línea BUILD SUCCEEDED significa que la construcción fue exitosa. No ocurrieron errores de sintaxis. Significa que se generó el archivo .hex para poder cargar en el Pic.

```

MPLINK 4.34, Linker
Copyright (c) 2009 Microchip Technology Inc.
Errors : 0

Loaded C:\Users\Ruben\Desktop\proyecto\ASM\servelinten\servelinten.cof.

Debug build of project 'C:\Users\Ruben\Desktop\proyecto\ASM\servelinten\servelinten.mcp' succeeded.
Language tool versions: MPASMWIN.exe v5.34, mplink.exe v4.34
Preprocessor symbol ' _DEBUG ' is defined.
Sun Apr 22 08:38:41 2018

BUILD SUCCEEDED

```

*Figura 103: Se ensambla correctamente.*

Si por el contrario ocurren errores de sintaxis aparecerá en la ventana Output la información:

```

Executing: "C:\Program Files (x86)\Microchip\MPASM Suite\MPASMWIN.exe" /q /p16F877A "servelinten.asm" /I"servelinten.lst" /e"servelinten.err" /d_
Error[122] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 20 : Illegal opcode (nbct)
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 24 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 31 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Error[113] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 85 : Symbol not previously defined (TX_DATA)
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 100 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 102 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 103 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 105 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 107 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 109 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 110 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 111 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 113 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Message[302] C:\USERS\RUBEN\DESKTOP\PROYECTO\ASM\SERVELINTEN\SERVELINTEN.ASM 114 : Register in operand not in bank 0. Ensure
Halting build on first failure as requested.

Debug build of project 'C:\Users\Ruben\Desktop\proyecto\ASM\servelinten\servelinten.mcp' failed.
Language tool versions: MPASMWIN.exe v5.34, mplink.exe v4.34
Preprocessor symbol ' _DEBUG ' is defined.
Sun Apr 22 08:46:38 2018

BUILD FAILED

```

*Figura 104: Ejemplo de ensamblado incorrecto.*

En la última línea se puede leer: BUILD FAILED, es decir, el ensamblador MPASMWIN no ha sido capaz de generar el archivo .hex.

**Los Errores (Errors):** Impiden la generación del .hex. En la línea de error se puede observar tanto el tipo de error como el número de línea donde éste se encuentra. Al hacer doble clic con el ratón sobre la línea de error, en el programa se señalará la línea para su posterior corrección.

Además, en la pantalla "output" también se encuentran disponibles otras informaciones, como "Messages", "Warnings" y "Errors". De estos tres tipos, el más importante ya que impide la generación del fichero hexadecimal son los "Errors", mientras que los otros dos tipos no impiden el ensamblado del programa fuente.

**Los Mensajes (Message):** No impiden la obtención de código máquina y añaden información adicional. Por ejemplo:

- **Message [302]: Register in operand not in bank 0. Ensure that bank bits are correct'.** El PIC trabaja por defecto en el banco 0 de la memoria de datos. Este mensaje advierte que se ha realizado una operación fuera de ese banco y recomienda asegurar verificar si eso es lo que se quiere hacer.

**Las Advertencias (Warnings):** No impiden la obtención del .hex, pero advierten de algo que al ensamblador le parece extraño. Por ejemplo:

- ❖ **Warning[205]: Found directive in column 1.** El mnemónico de una directiva comienza en la columna 1, que es el lugar reservado para las etiquetas.



- ❖ **Cada vez que se corrija el programa o se añada algo se debe obligatoriamente ensamblar el código nuevamente.**

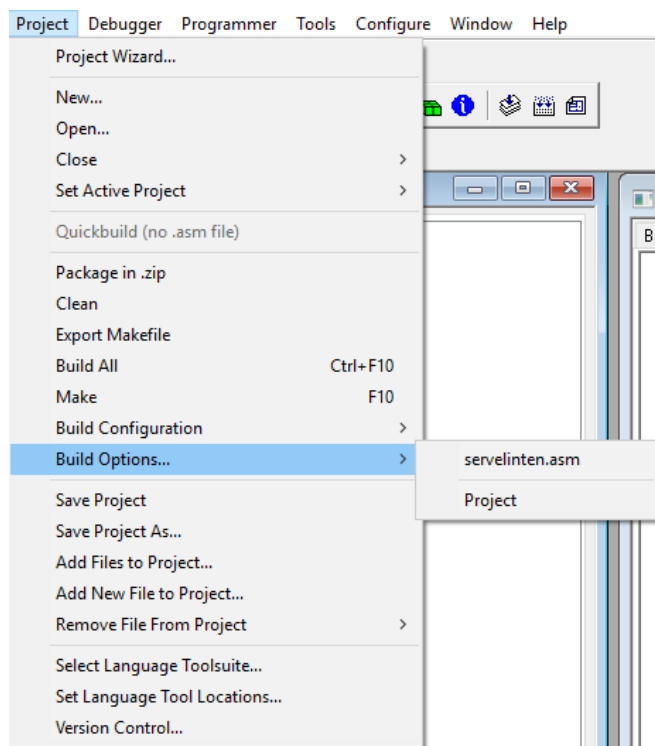
#### Sensibilidad ante mayúsculas y minúsculas.

El ensamblador MPASM es sensible ante cambios de mayúsculas a minúsculas o viceversa, en los nombres de las etiquetas. Si una etiqueta se declaró como “INICIO”, cada vez que se haga referencia a ella se debe escribir igual; si se escribe por ejemplo “Inicio”, o “IniClo”, se producirá un error ya que hay variación respecto a la declarada.

El MPASM indicará que no conoce el “símbolo” ya que no fue definido previamente (Error 113).

Para deshabilitar esta sensibilidad entre mayúsculas y minúsculas:

*Project>Build Options>Project*



**Figura 105:** Ruta para deshabilitar la sensibilidad.

En la ventana de Opciones del Proyecto se selecciona la pestaña *MPASM Assembler* y se marca la opción *Disable case Sensitivity*.

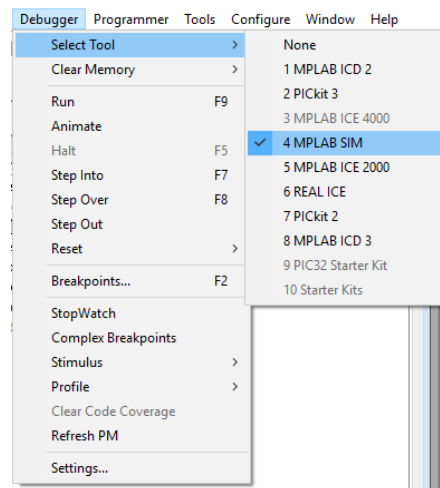


**Figura 106:** Casilla para la deshabilitación.

Una vez que hemos generado el archivo .hex veremos los pasos para simular el proyecto y posteriormente para grabarlo en el pic además de las opciones que tenemos para poder ver registros una vez que ya estamos trabajando con el microcontrolador.

### 1) Simular el proyecto.








Desde el menú principal: *Debugger>Select Tool>MPLAB SIM*



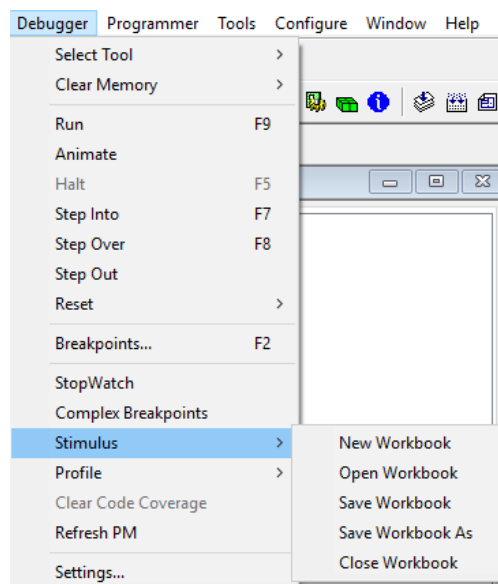
**Figura 107:** Simulador de MPLAB.

A continuación, se activará la barra de simulación. La siguiente tabla muestra la forma y función de cada icono o botón de esta barra.

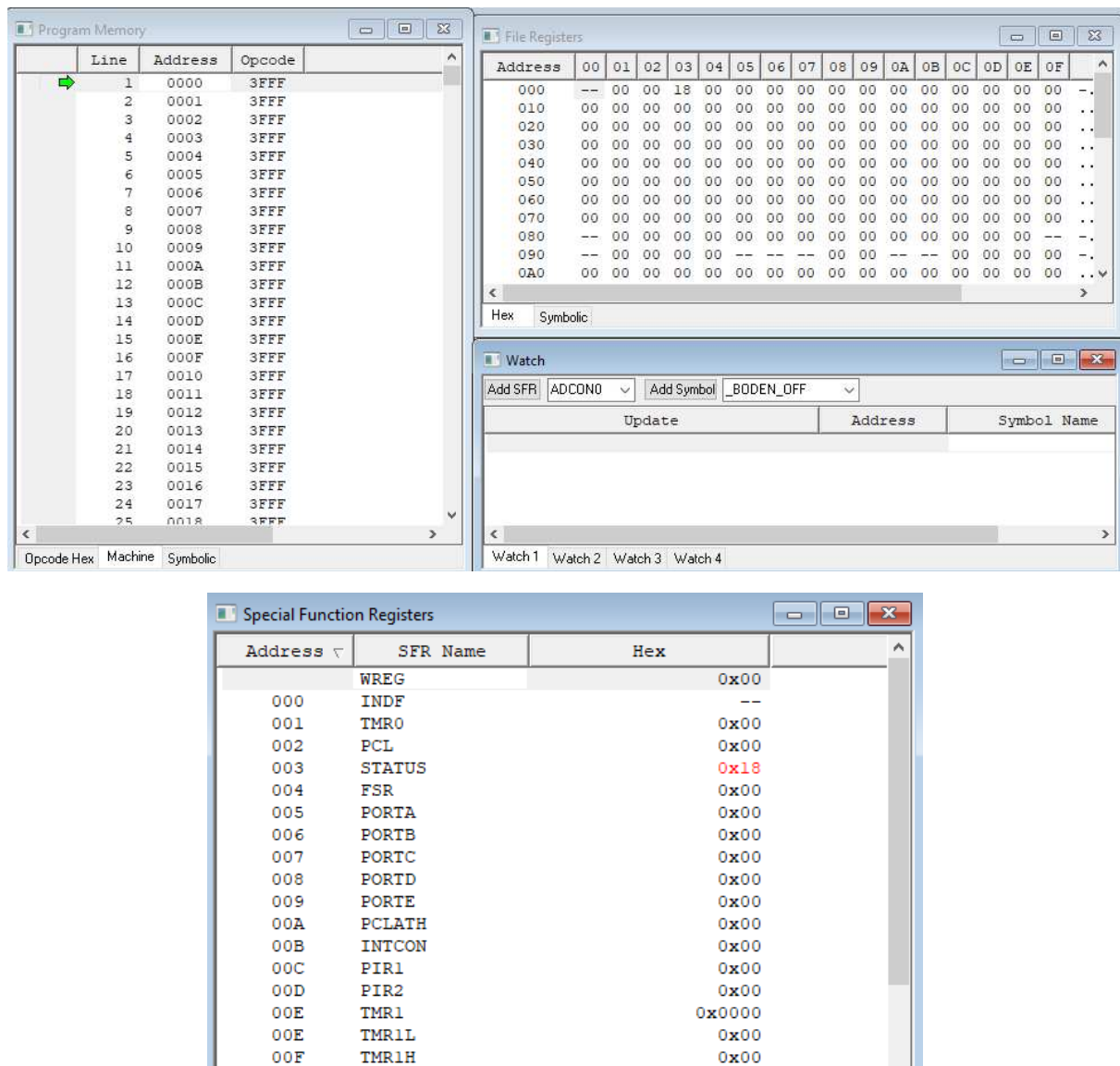
**Tabla 6:** Tabla resumen del simulador.

BOTÓN	NOMBRE	FUNCIÓN	ATAJO
	Run	Ejecuta el programa hasta que consiga un punto de quiebre ( <i>Breakpoint</i> ) o hasta que se detenga el programa ( <i>Halt</i> ). Los cambios en los registros se observaran sólo cuando se detenga la ejecución del programa.	F9
	Halt	Detiene la ejecución del programa.	F5
	Animate	Ejecuta el programa de forma animada. Se pueden observar los cambios en los registros a medida que estos ocurren.	
	Step Into	Ejecuta paso a paso el programa entrando a las Subrutinas.	F7
	Step Over	Ejecuta paso a paso el programa principal. En una instrucción CALL, ejecuta el llamado a subrutina, retorna y se detiene en la dirección siguiente a la llamada. Luego de este retorno, se puede continuar la ejecución paso a paso.	F8
	Step Out	Se sale de una subrutina sin finalizar su ejecución, y regresa a la línea siguiente de la instrucción CALL de donde partió.	
	Reset	Lleva al PC (Program Counter) a la dirección 00h (Vector de Reset) y restablece las acciones y opciones a sus valores iniciales, dependiendo de la herramienta y dispositivo seleccionado. El tipo de reset puede ser por Watchdog, Brown out, procesador, MCLR.	F6

En el menú desplegable Debugger aparecerán las opciones de simulación que antes no aparecían.

**Figura 108:** Opciones de simulación habilitadas.

Los resultados de cualquier acción simulada se verán reflejados en ventanas, (Program Memory, File Register, Special Function Register, Watch). En el menú View podremos activarlas y desactivarlas.



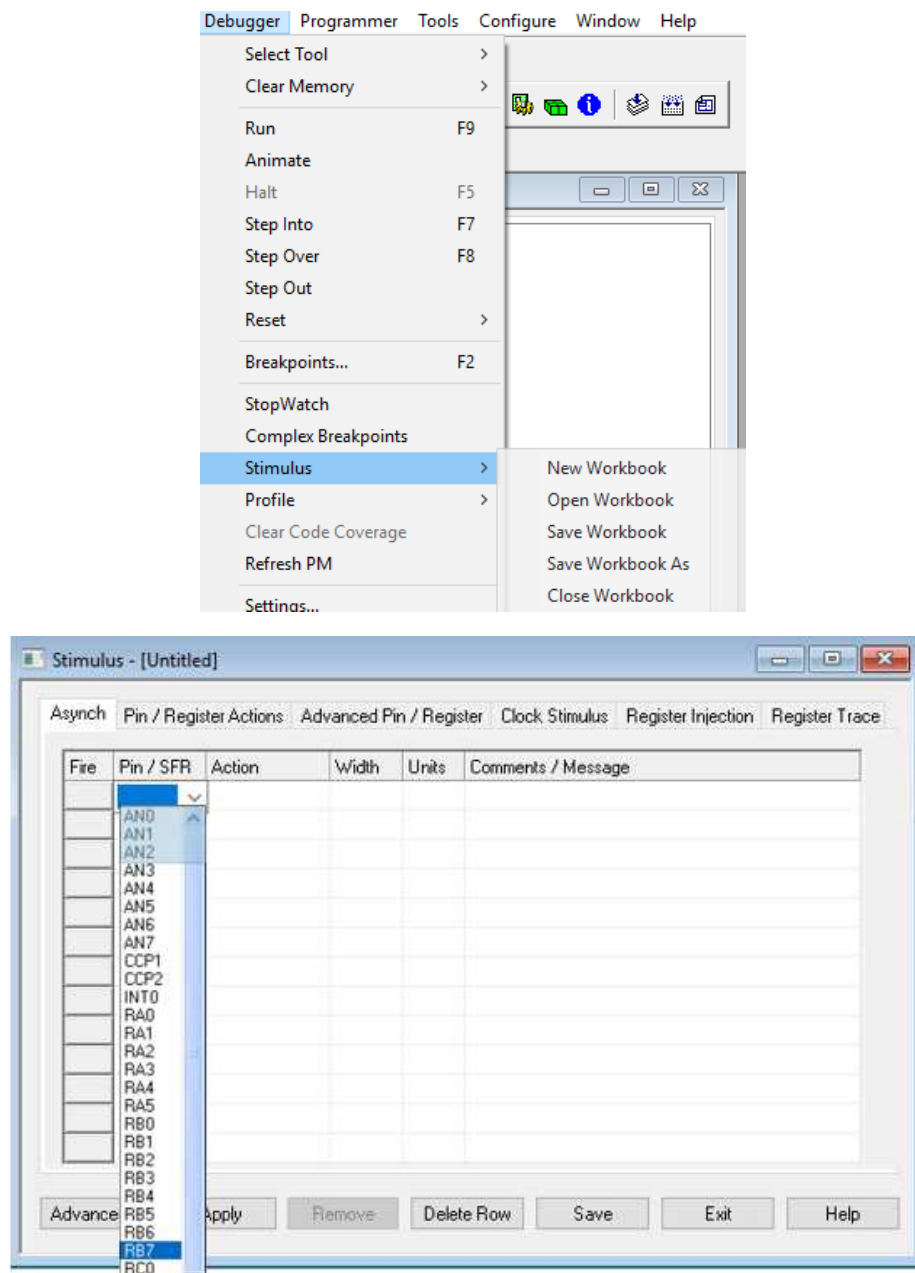
**Figura 109:** Diferentes ventanas de registros internos.

Para comenzar la simulación, la acción inicial a efectuar es un Reset, ya que esto simula lo que sucede cuando se alimenta el PIC. El Program Counter es cargado con la dirección del Reset Vector (00h), lo que justifica que el origen de la mayoría de los programas sea justamente esta posición en la memoria de programa.

Una vez hecho esto podremos simular paso a paso el programa con el botón step into pero en muchos programas reales no sirve de mucho al haber temporizaciones, eventos que cambian por valores de entradas analógicas, etc. ya que nos eternizaríamos en la simulación.

La manera de modificar el valor de los registros, simplemente basta con hacer doble clic en él y asignarle el nuevo valor. Este cambio lo aceptará sólo si el registro no está asignado como entrada.

Para simular entradas externas lo haremos de la siguiente manera:



**Figura 110:** Opción para simular entradas externas.

Mediante esta ventana podemos simular entradas externas del Pic, entradas síncronas, asíncronas, digitales, analógicas, etc.

## 2) Grabar el programa en el microcontrolador:

Como se ha visto anteriormente en la **Figura 84** la carga del programa al encapsulado se hará mediante el interface Pickit 3 el cual hemos descrito en detalle. En MPLAB hay que tener unas cuantas cosas en consideración:

1ª La configuración de Bits puede ir inmersa en el código o mediante la ventana del programa.

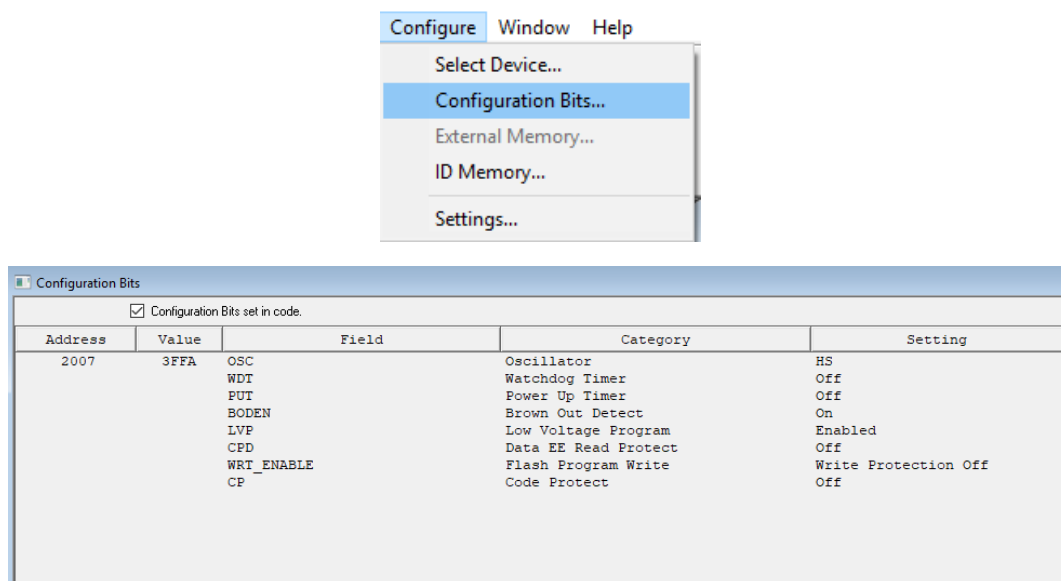


Figura 111: Configuración de Bits.

Todas las opciones que aparecen en esta ventana son muy importantes ya que muchas veces el programa pone por defecto RC en el oscilador y quizás estemos trabajando con un cristal de 20 MHz correspondiente a HS (High Speed). Cada vez que carguemos el programa deberemos comprobar la configuración de bits.

2ª Programador utilizado:

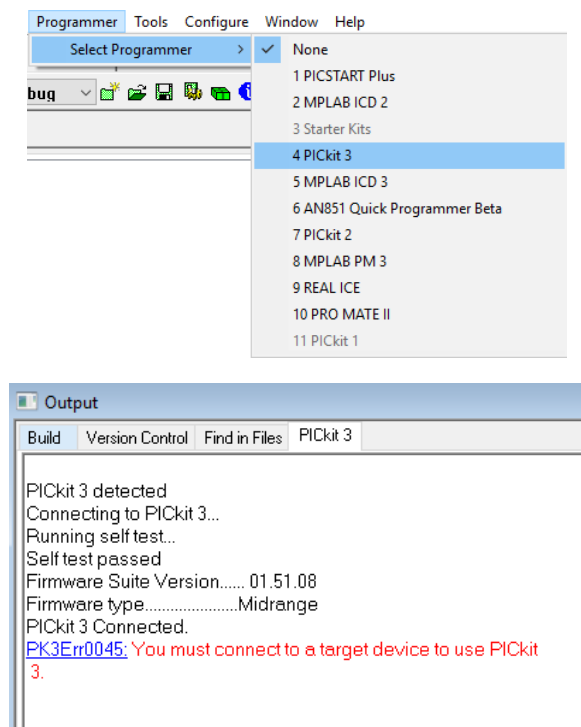
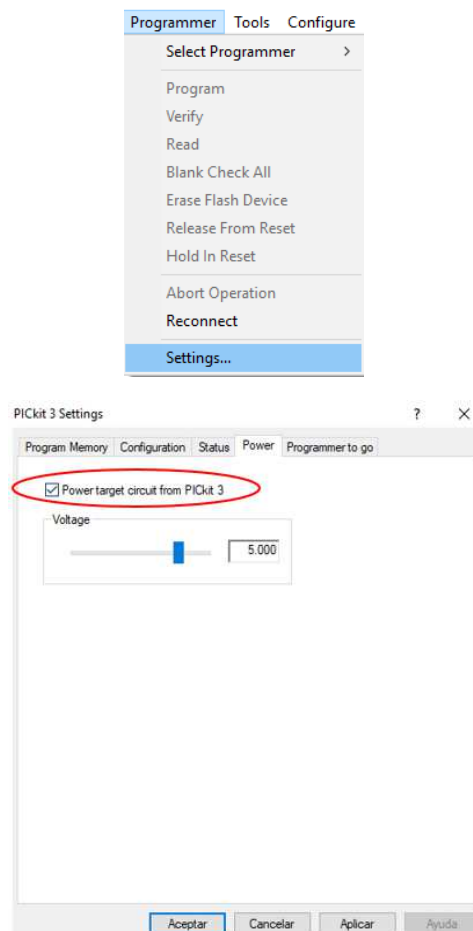


Figura 112: Configuración del programador.

Si nos sale este error podemos habilitar la alimentación desde el Pic o bien la alimentación interna.





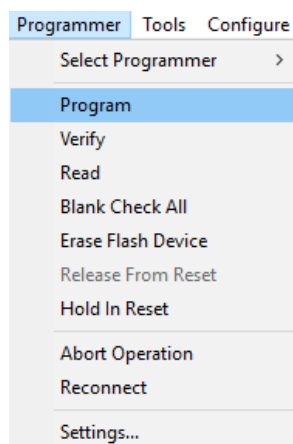
**Figura 113:** Configuración de la alimentación.

Una vez que ya no tenemos errores en la conexión nos saldrán habilitados los iconos siguientes:



**Figura 114:** Iconos rápidos para cargar el programa.

Desde los iconos rápidos o mediante el menú *Programmer* podremos cargar el programa:



**Figura 115:** Ruta normal para cargar el programa.

### 3.1.4.- Pic Simulator Ide.

Se trata de un programa sencillo y muy visual el cual hemos utilizado para simular por primera vez el archivo .hex generado en Mplab. Este programa nos permite simular entradas externas tanto analógicas como digitales, ver tiempos de simulación, simular paso a paso, conectar periféricos virtuales, etc. Es una manera fácil de corregir errores antes de probarlo en la realidad.

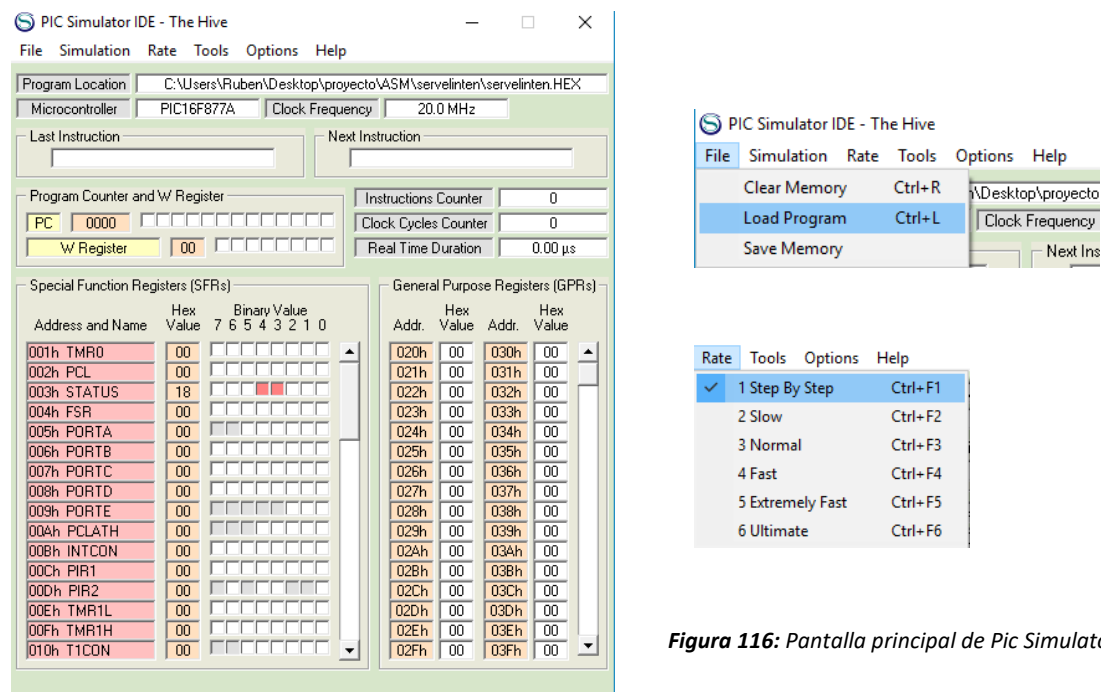


Figura 116: Pantalla principal de Pic Simulator.

Para cargar el programa .hex que hemos generado en MPLAB [File/Load program](#).

Podemos seleccionar la velocidad de simulación en la pestaña rate.

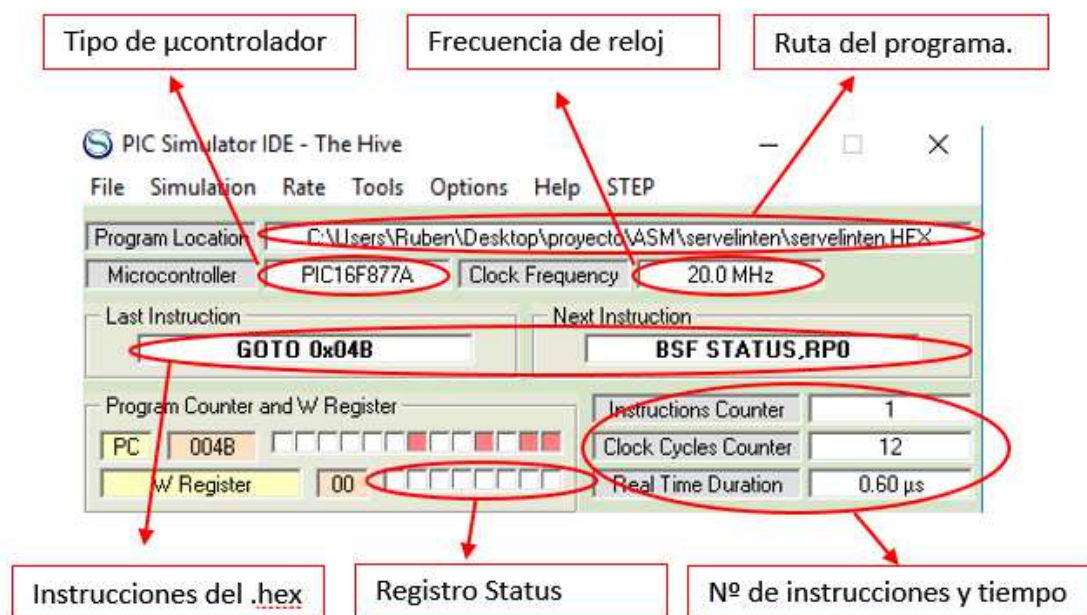


Figura 117: Diferentes pestañas del programa.

En la anterior imagen se ha explicado donde seleccionar parámetros de simulación además de tipo de microcontrolador, frecuencia de reloj, instrucción en ejecución, tiempo de simulación, etc.

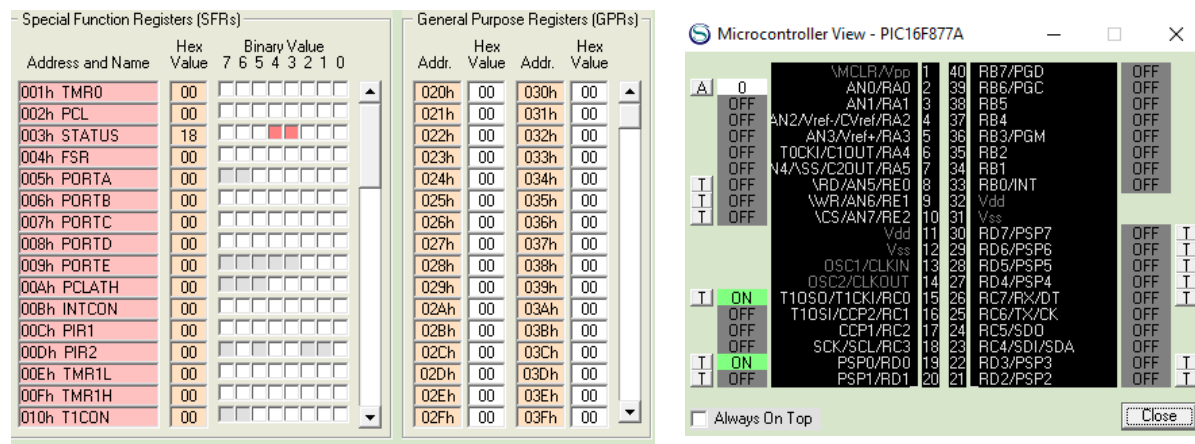


Figura 118: Registros y puertos del Pic.

También dispone en la ventana principal la lista de los registros utilizados por el Pic, viendo de manera directa la disposición de los bits durante la simulación. Mediante el menú tools podemos abrir ventanas que simulan las entradas y salidas del Pic (figura arriba derecha), simulador de puerto serie para comunicación bidireccional, pantalla LCD, etc.

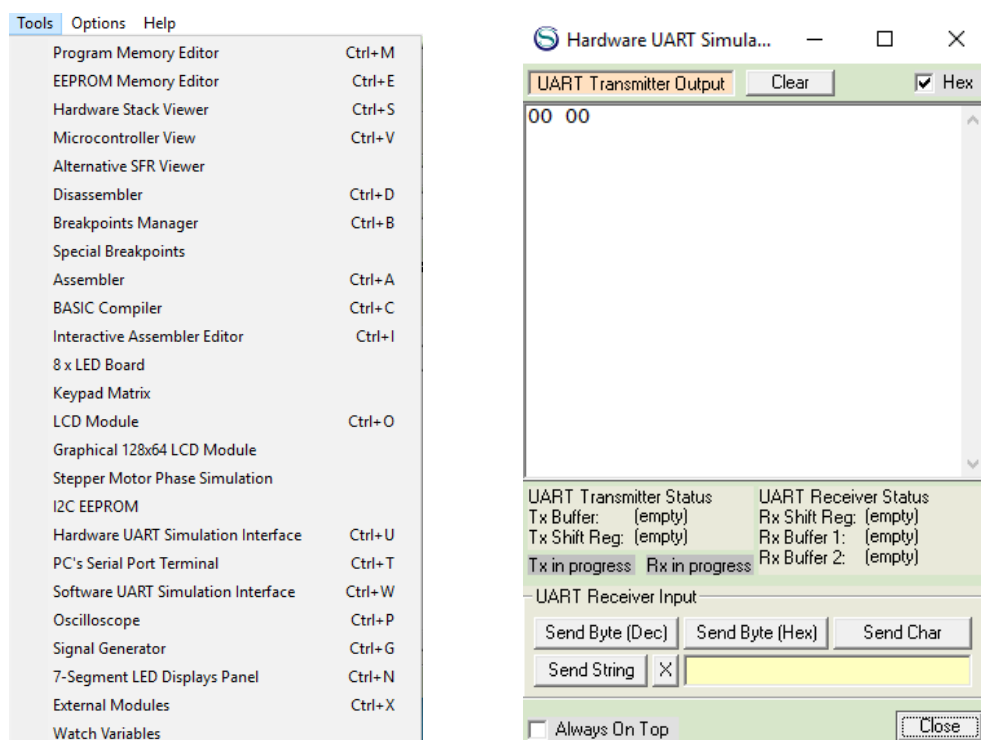
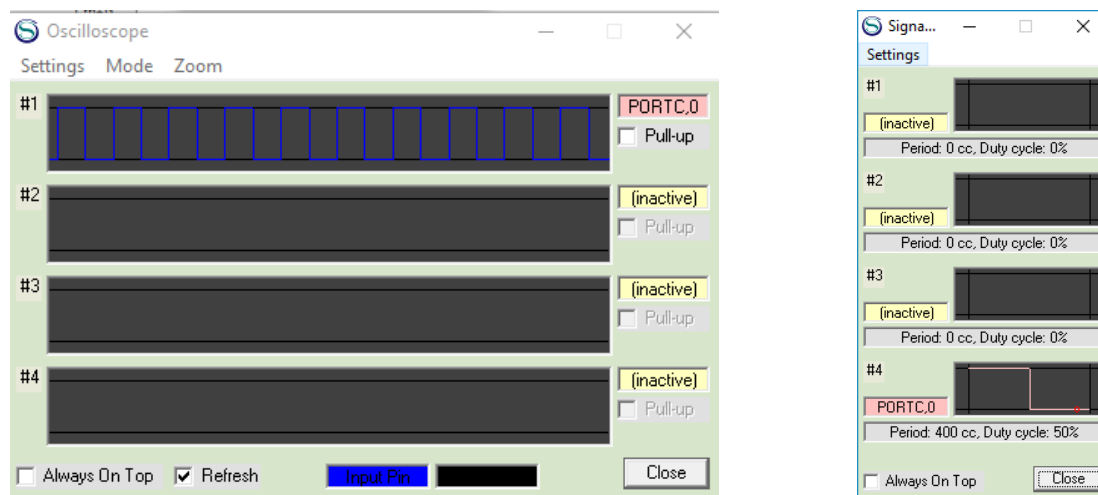


Figura 119: Herramientas y simulador del puerto serie.

Asimismo, es muy valioso en la simulación, el osciloscopio, generadores de señal, etc.



**Figura 120:** Osciloscopio y generador de señal.

En definitiva, este programa nos ha servido sobre todo para ver errores de programación no sintácticos y mejorar el funcionamiento de la aplicación. Si el programa no funciona bien aquí, mejor no probarlo en el propio Pic. Que funcione en el simulador no garantiza que funcione en la realidad, pero se acerca bastante.

### 3.2.- Modulo Bluetooth HC05.

Bluetooth es una tecnología de comunicación inalámbrica, al igual que la tecnología Wi-Fi o los infrarrojos. A diferencia de la primera, Bluetooth está diseñada para dispositivos de bajo consumo y para conexiones de corta distancia. A diferencia de los infrarrojos, Bluetooth es omnidireccional y tiene un mayor ancho de banda (hasta 11 Mbit/ segundo). Bluetooth es por tanto, una tecnología ideal para la conexión de dispositivos de bajas prestaciones como equipos móviles, cámaras de fotos, auriculares manos libres, impresoras...

Bluetooth es un sistema de radio que opera en la banda libre de radio ISM (Banda internacional medico científica) a 2.4 GHz, banda de frecuencia disponible en la mayor parte del mundo. La mayor parte de los dispositivos que usan Bluetooth transmiten con una potencia nominal de salida de 0 dBm, lo que permite un alcance notorio en un ambiente libre de obstáculos de manera omnidireccional.

Bluetooth utiliza 79 canales de radio frecuencia con un ancho de banda de 1 MHz cada uno y una rata máxima de símbolos de 1 M Símbolo/s. Después de que cada paquete es enviado en una determinada frecuencia de transmisión, ésta cambia a otra de las 79 frecuencias. El rango típico de operación de Bluetooth es de 10 m, sin embargo, se pueden alcanzar distancias de hasta 100 m con el uso de amplificadores [8].

Respecto al módulo HC05 y HC-06 son módulos muy populares para aplicaciones con microcontroladores PIC y Arduino. Se trata de dispositivos relativamente económicos y pueden encontrarse habitualmente en un formato de prueba o conexión directamente a cualquier microcontrolador.

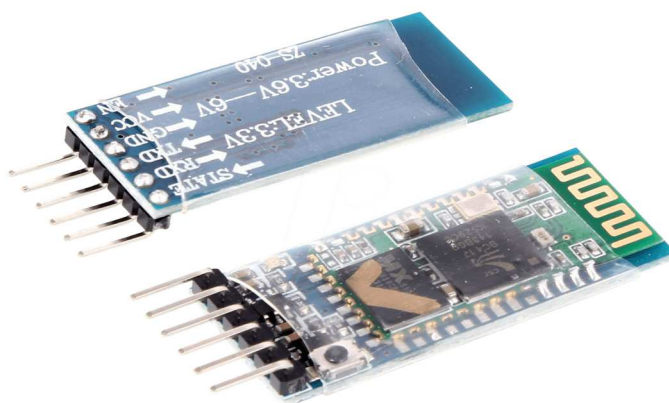
Los dispositivos Bluetooth al implementarse pueden actuar como Masters o como Slaves (Maestros o esclavos). La diferencia es que un Bluetooth Slave sólo puede conectarse a un master y a nadie más, en cambio un master Bluetooth, puede conectarse a varios Slaves o permitir que ellos se conecten y recibir y solicitar información de todos ellos, arbitrando las transferencias de información (Hasta un máximo de 7 (Esclavos).

Básicamente el modelo HC-06 sólo puede actuar como esclavo y además dispone de un juego limitado de instrucciones a las que atiende, mientras que el modelo HC-05 puede actuar como Master o como Slave y acepta un número mayor de órdenes de configuración.

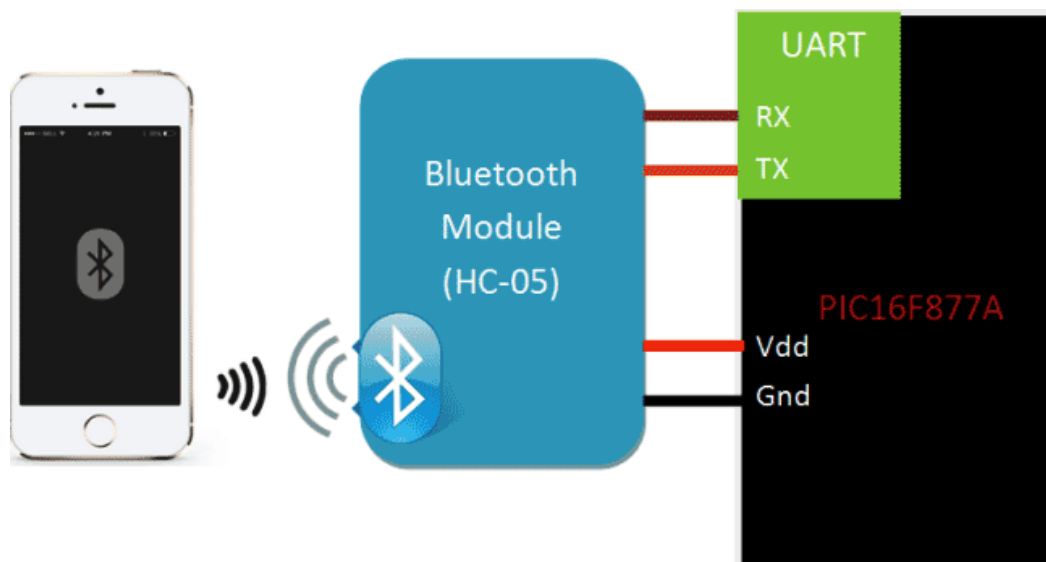
Cada uno de los dispositivos que se identifican vía Bluetooth presenta una dirección única de 48 bits y además un nombre de dispositivo que nos sirve para identificarlo cómodamente.

La dirección propia también se puede identificar, pero lógicamente, es un poco menos cómoda y tiene menos utilidad. Tampoco es raro establecer un protocolo IP sobre transporte Bluetooth, con lo que además de su identificación interna Bluetooth (Equivalente al MAC Ethernet) dispondrá de una dirección IP para conectarse a Internet.

Así pues, un receptor Bluetooth puede ser maestro o esclavo y dispone de una dirección única, así como de un nombre para identificarse y muy habitualmente también incluye un PIN de conexión o número de identificación que debe teclearse para ganar acceso al mismo.



**Figura 121:** Módulo HC05.



**Figura 122:** Comunicación Bluetooth para el Rodillo.

### 3.3.- Aplicación Android y App Inventor.

Android es un sistema operativo basado en el núcleo Linux. Fue diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil, como teléfonos inteligentes, tabletas y también para relojes inteligentes, televisores y automóviles. Inicialmente fue desarrollado por Android Inc., empresa que Google respaldó económicamente y más tarde, en 2005, compró.

El primer móvil con el sistema operativo Android fue el HTC Dream y se vendió en octubre de 2008. Android es el sistema operativo móvil más utilizado del mundo, con una cuota de mercado superior al 80% al año 2017 [9].

App Inventor es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. El usuario puede, de forma visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación. El sistema es gratuito y se puede descargar fácilmente de la web. Las aplicaciones creadas con App Inventor están limitadas por su simplicidad, aunque permiten cubrir un gran número de necesidades básicas en un dispositivo móvil.

Con Google App Inventor, se espera un incremento importante en el número de aplicaciones para Android debido a dos grandes factores: la simplicidad de uso, que facilitará la aparición de un gran número de nuevas aplicaciones; y Google Play, el centro de distribución de aplicaciones para Android donde cualquier usuario puede distribuir sus creaciones libremente.

Debido al uso tan generalizado del sistema Android además de la facilidad de programar en App Inventor ha hecho que en nuestro proyecto hayamos creado la aplicación en este lenguaje con este sistema operativo para el control y monitorización de las variables del Auto-generator gracias al Smartphone.

#### 3.3.1.- Entorno App Inventor.

En la ventana principal de App Inventor tenemos representada la pantalla de la futura aplicación para el Smartphone en la cual iremos arrastrando los diferentes componentes que necesitamos para su funcionamiento. Estos elementos los configuraremos en esta misma ventana sobre su apariencia, mientras que su funcionalidad se configurara en el menú bloques.

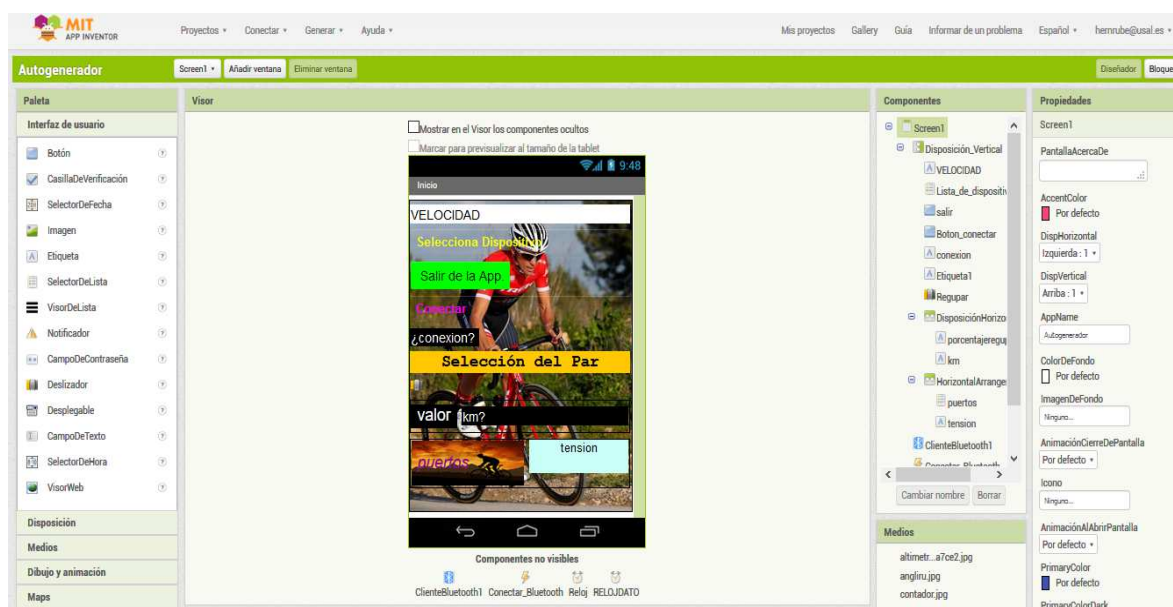
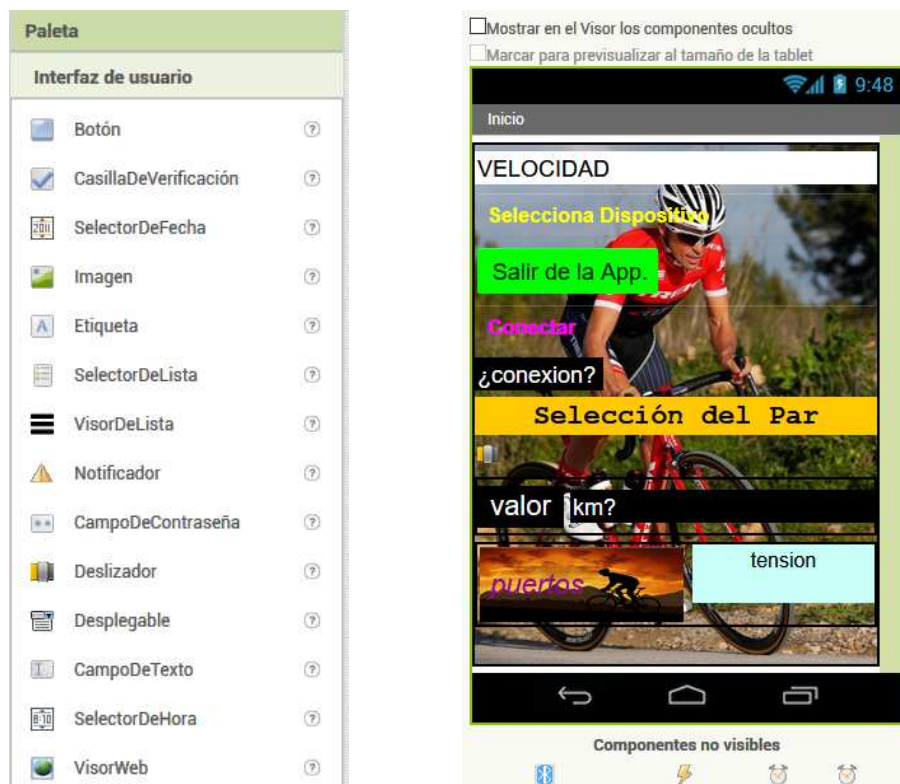


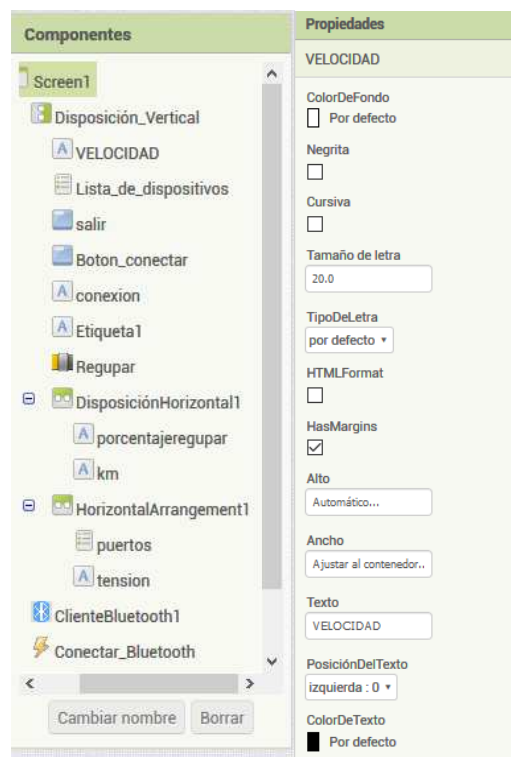
Figura 123: Pantalla principal App Inventor.



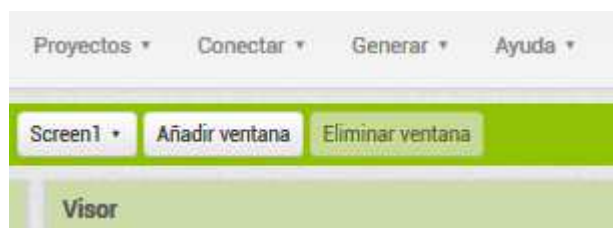
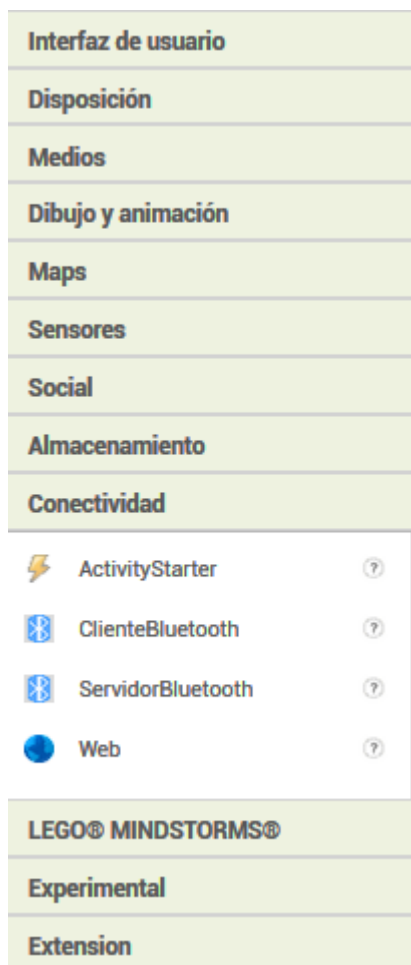


**Figura 124:** Paleta y vista de la pantalla principal de la App.

Mediante la paleta vamos añadiendo elementos para ir desarrollando la aplicación: botones, deslizadores, fondos de pantalla, visores de variables, etc. En la parte de componentes tendremos cada uno de los elementos que hemos añadido. Mediante las propiedades podemos modificar la apariencia que tendrá en la pantalla del teléfono.



**Figura 125:** componentes y propiedades para su configuración.



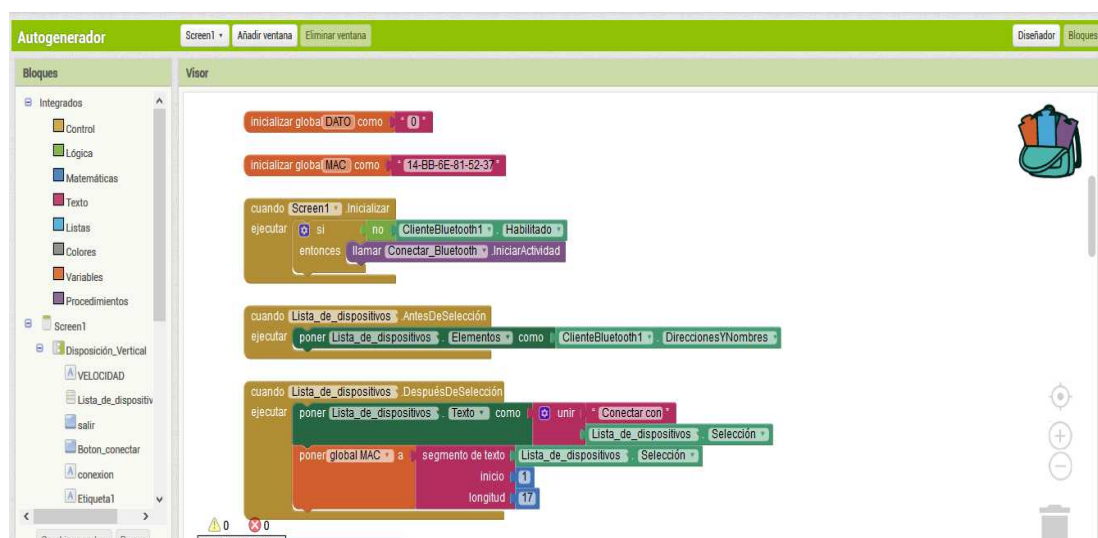
En esta parte de la ventana principal tenemos funciones generales del proyecto además de poder añadir ventanas nuevas a la futura aplicación.



En la parte derecha de la ventana principal tenemos la pestaña bloques donde desarrollaremos las funciones de cada uno de los elementos añadidos en el diseñador.

**Figura 126:** Opciones para configurar la comunicación.

En el menú Paleta aparte del interfaz de usuario tenemos todos los menús que vemos en la imagen para desarrollar en su totalidad la App. Una parte importante para nosotros será la de conectividad ya que nos comunicaremos con el Pic a través del módulo HC-05 por Bluetooth.



**Figura 127:** La ventana bloques de programación.

Esta captura de pantalla corresponde al menú bloques donde vamos insertando las piezas a modo de puzle para hacer las diferentes funciones de los componentes insertados en la ventana del diseñador.



**Figura 128:** Menú control en la pestaña bloques.

Esto es un ejemplo de alguna de las funciones generales del menú control. Un ejemplo para este caso sería la condición de si, entonces.



**Figura 129:** Ejemplo de las distintas posibilidades de programación.

En lógica tenemos funciones correspondientes para comprobar si son ciertas o falsas algunas afirmaciones, añadir condiciones, igualdades, etc.



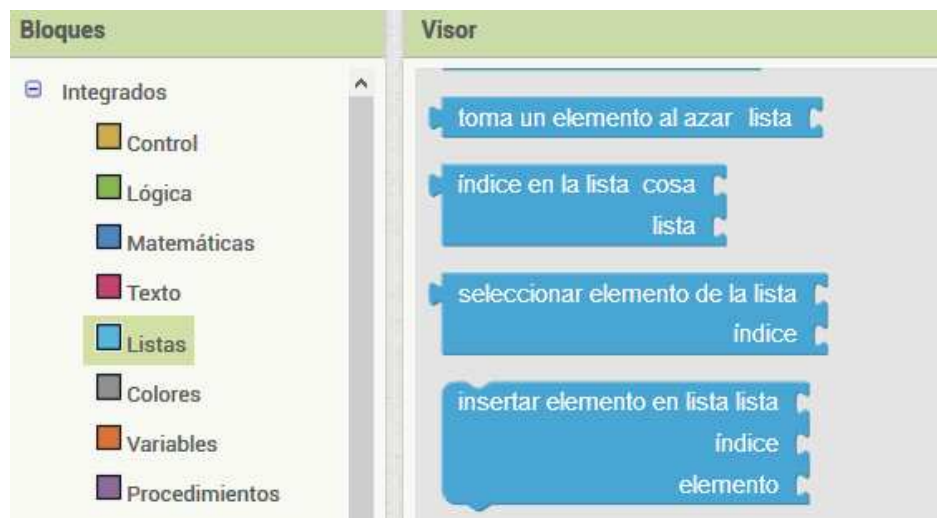
**Figura 130:** Operar con números en App Inventor.

En la parte de matemática tenemos la opción de operar con un número, convertirlo a diferentes formatos, igualdades, etc.



**Figura 131:** Formas de poder tratar el texto.

En la parte de texto tenemos todas las opciones que se nos ocurran para el tratamiento de texto, recortar, coger segmento, dividir, etc.



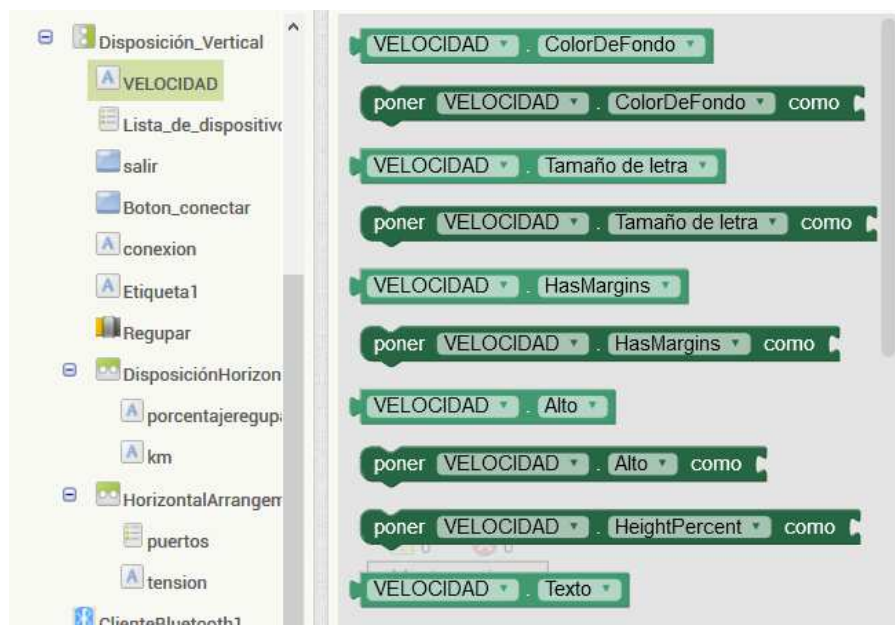
**Figura 132:** Posibilidades que tenemos al hacer listas.

Cuando queremos hacer listas para separar datos concretos o almacenarlos tendremos en este menú las opciones correspondientes como crear lista vacía, seleccionar elemento de la lista, tomar elemento al azar, etc.



**Figura 133:** Menú variables.

Cuando necesitamos variables para almacenar y procesar datos éste será el menú que nos da las opciones para inicializar, cargar cierto valor, etc.

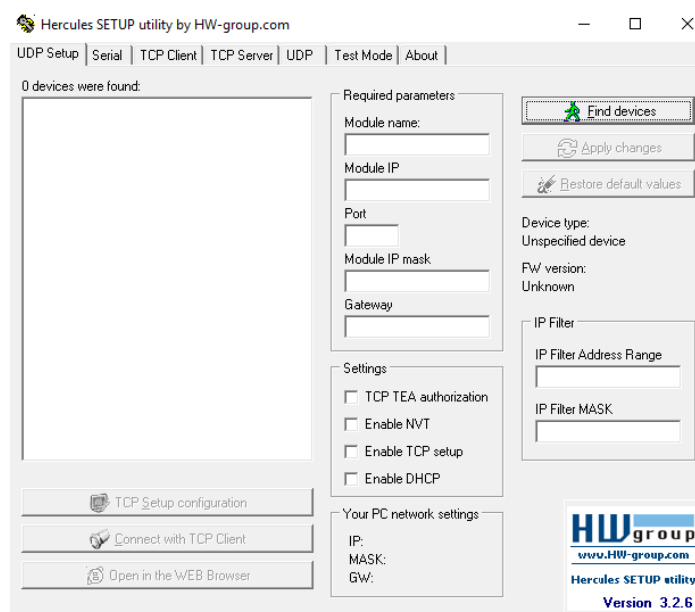


**Figura 134:** Ejemplo de las opciones de la casilla velocidad.

Cualquier elemento creado en el entorno de diseño de la aplicación tiene su propio menú para concretar la acción oportuna respecto a su programación.

### 3.4.-Otros programas utilizados para el desarrollo e implementación de la parte Electrónica.

**Hércules:** Este sencillo programa nos ha servido para probar el puerto serie con el  $\mu$ controlador y establecer también la comunicación con el módulo HC05 y de esta manera poder iniciar la comunicación Bluetooth con el Smartphone.

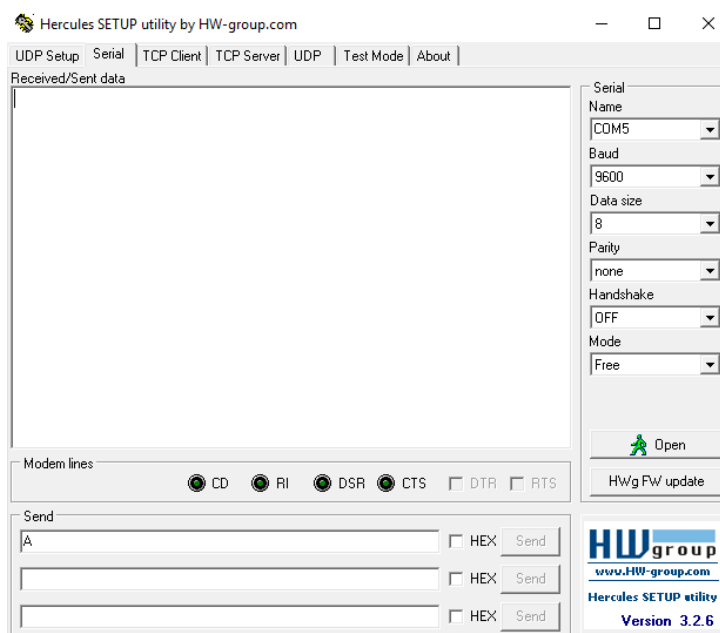


**Figura 135:** Pantalla principal del programa.



En la imagen podemos apreciar la simplicidad del programa para la detección de los distintos puertos. Para el puerto serie pincharíamos sobre “serial” una vez detectado el dispositivo y su controlador.

*Nota: Utilizamos un adaptador de puerto Serie a USB.*

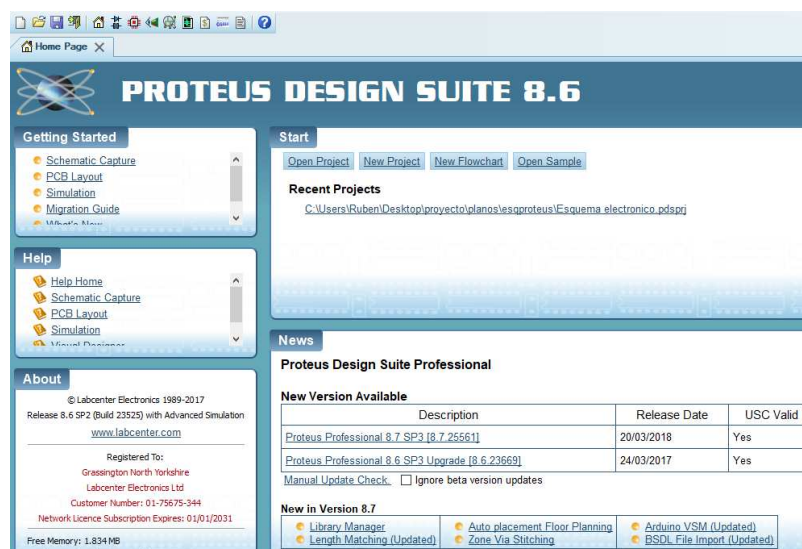


**Figura 136:** Configuración de la velocidad del puerto.

En la pestaña de “Serial”, elegimos el puerto serie, velocidad en Baudios y configuramos el resto de pestañas, enviando después los caracteres correspondientes para asegurarnos que la comunicación se establece.

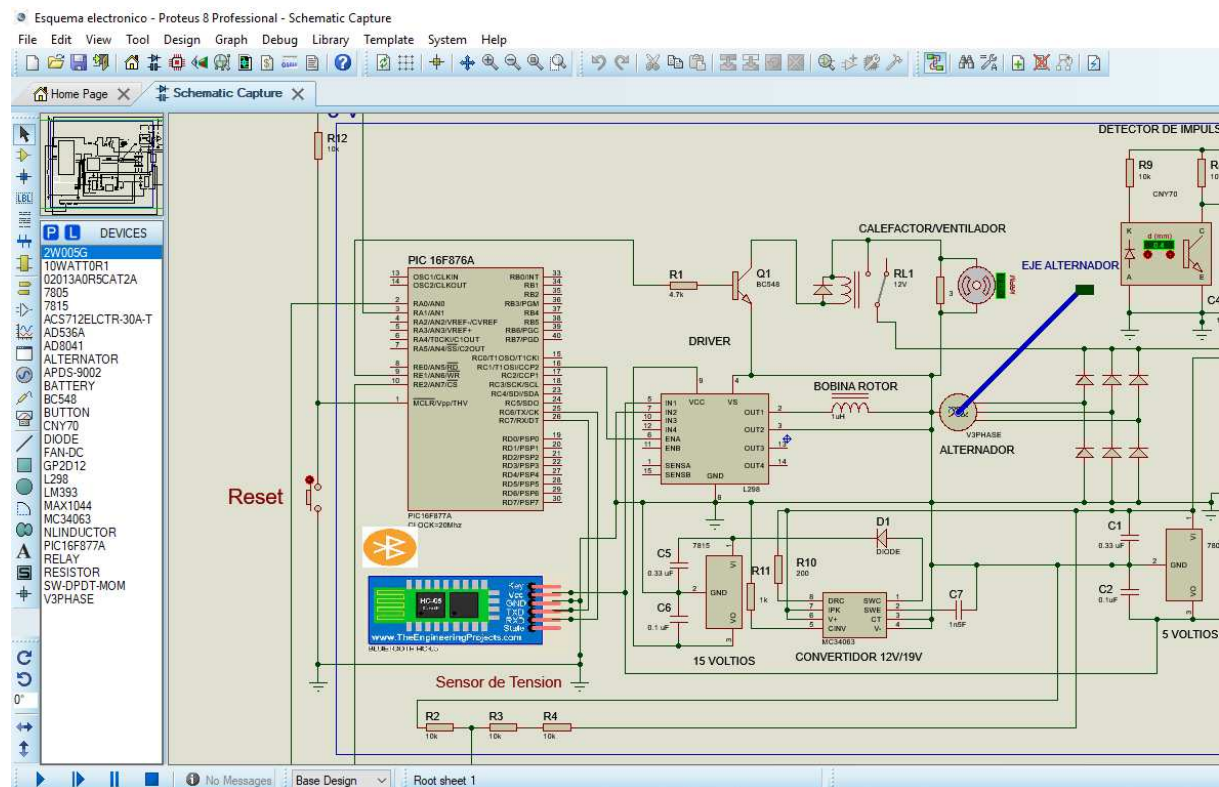
**Proteus:** Este programa tiene bastante potencia respecto al Pic, se puede trabajar con el propio programa en ASM ya cargado para simularlo con el resto del circuito electrónico además de poder desarrollar grandes proyectos electrónicos.

Dispone de amplias librerías donde encontrar todos los componentes para su simulación y también poder diseñar la placa electrónica.



**Figura 137:** Pantalla inicial de Proteus.

En esta imagen vemos parte del circuito eléctrico/electrónico del Rodillo donde podemos distinguir pestañas para la inserción de componentes, texto, elementos para la simulación, etc.



**Figura 138:** Parte del esquema del Rodillo simulado en Proteus.

## 4. CAPÍTULO IV: RESULTADO FINAL

En este capítulo trataremos de dar un enfoque práctico sobre el acabado final del Rodillo Auto-generador después de todas las acciones realizadas y explicadas con anterioridad además de la explicación del funcionamiento general de los programas desarrollados para su mejor entendimiento.

### 4.1.- Programa en Ensamblador (Diagrama de Flujo).

Las interrupciones utilizadas en la programación del micro tienen prioridad sobre el programa principal, por lo tanto, cuando se está ejecutando una línea de programa y aparezca una interrupción, la ejecución saltará al tratamiento de la interrupción y cuando finalice volverá al punto en el que se encontraba. Esto es práctico para establecer prioridades sobre eventos externos [10].

En nuestro caso tenemos 2 interrupciones; la primera ocurre cuando se desborda el TMR0 que está siempre funcionando y cuenta pulsos del reloj interno del PIC. A su vez esa interrupción se mete en un bucle hasta conseguir un tiempo de 1 segundo.

En este intervalo de tiempo que es siempre el mismo se contarán los pulsos que aporta el sensor de revoluciones a través del TMR1 (contador de eventos externo) para volcar sus datos a la variable correspondiente reseteando este contador por cada desbordamiento del anterior. Con esto se consigue tener las vueltas que da el eje del rodillo por intervalo de tiempo. Este dato lo trataremos en la aplicación Android para sacar la velocidad en Km/h y también los km totales recorridos desde que iniciamos la aplicación.

Antes que finalice la interrupción aprovecharemos para mandar los datos de tensión e intensidad y así asegurarnos que estas variables se actualizan con el refresco necesario. En la aplicación móvil tendremos los valores instantáneos de tensión, intensidad y potencia producida.

La segunda interrupción ocurre cuando se reciben datos por el puerto serie que a su vez vendrán por Bluetooth desde el teléfono móvil gracias al HC05. En este instante se recibe el dato y se carga en la variable correspondiente. Este dato corresponde al porcentaje de par resistente que quiere el ciclista, seleccionado bien mediante el deslizador manual de la aplicación móvil o bien desde el puerto automático desarrollado en el botón.

Llegados a este punto el Pic comprobará si las revoluciones son mayor que 0, si es así aplicará el par correspondiente almacenado en la variable; por el contrario si son = 0, cortará la intensidad al rotor ( $PWM = 0 = 0\%$  de par).

En el programa principal aparte de recoger los datos de tensión e intensidad se compara el voltaje de la batería con el máximo valor permitido (14,3 voltios), si el valor fuera mayor se conectará la resistencia calefactora para disipar potencia y bajar el voltaje sin que el par resistente a vencer en el alternador varíe. Cuando conectamos la resistencia se hace necesario una temporización a la desconexión para que el relé no esté excitándose de manera intermitente y con mucha frecuencia.

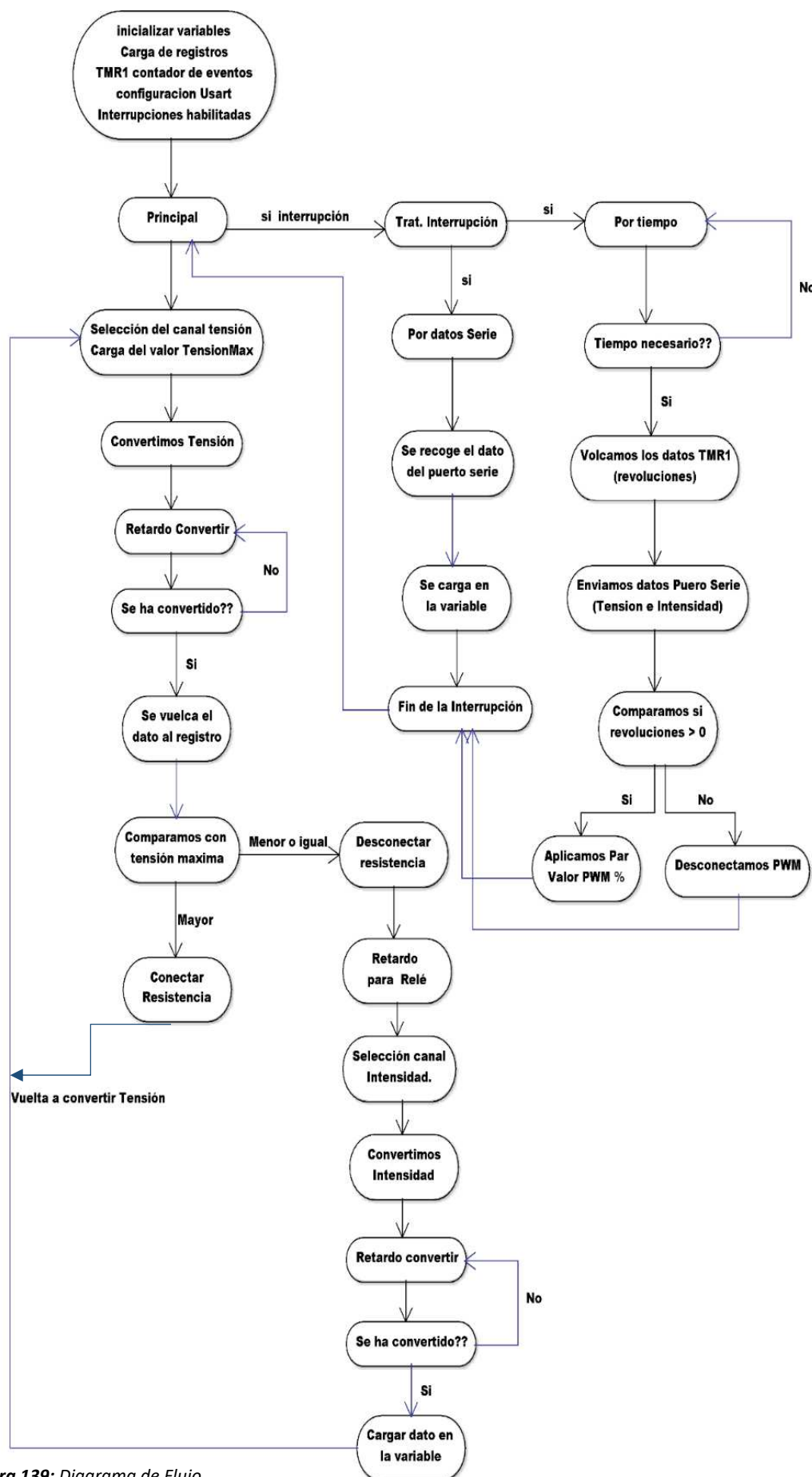


Figura 139: Diagrama de Flujo.

#### 4.2.- Par generado automáticamente (App Inventor).

El botón “Angliru” programado en la pantalla de la aplicación de la App genera un par resistente automático en el rodillo dependiendo del km alcanzado para simular la subida del mítico puerto. Para programarlo nos hemos basado en la siguiente gráfica.

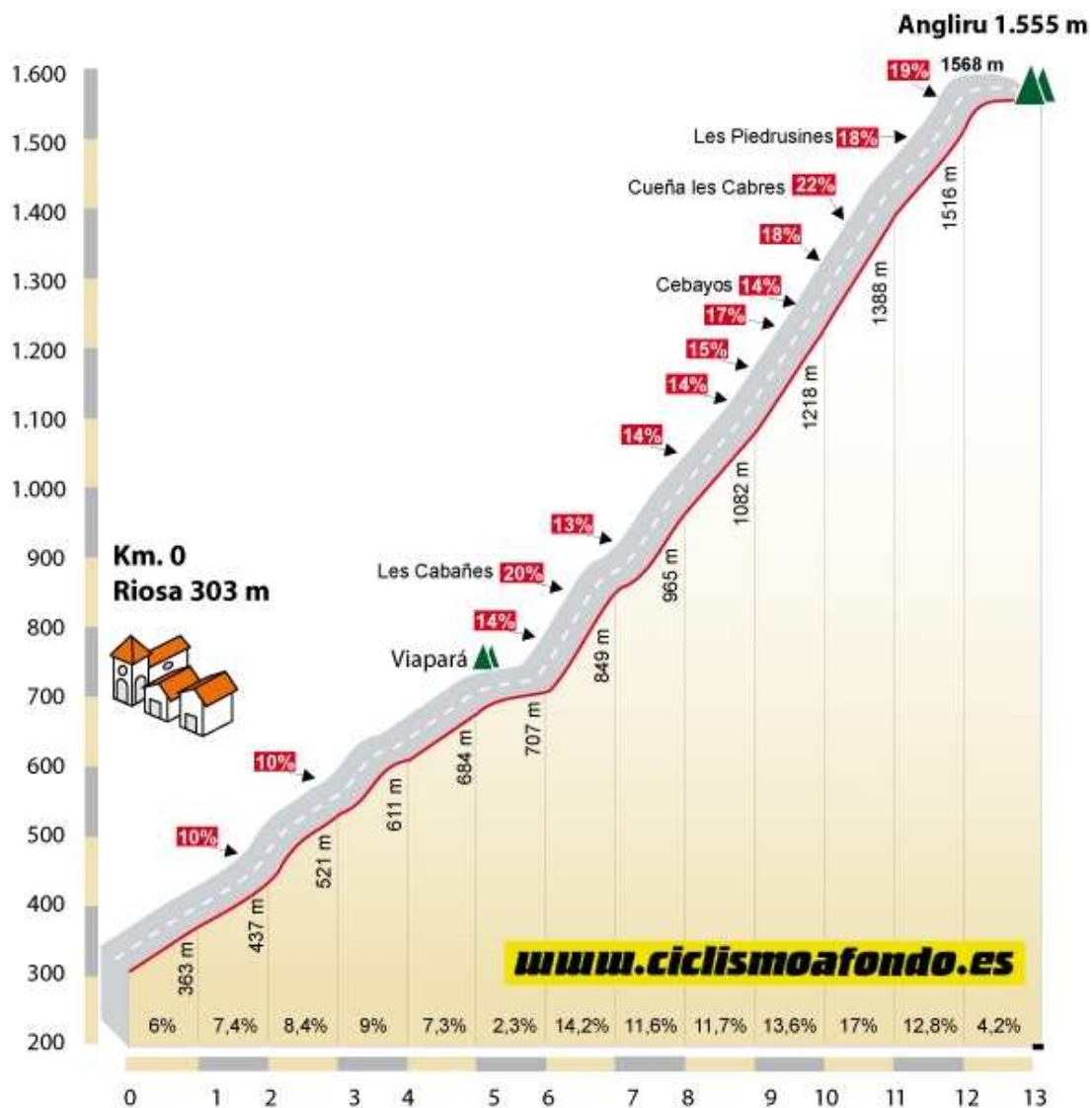


Figura 140: gráfico desnivel del Angliru [11].

En el eje de abscisas tenemos la longitud en Km con el apunte de la pendiente media por cada km, mientras que en el de ordenadas está el desnivel en metros. La gráfica nos aporta información del desnivel que tiene cada km y además nos dice donde se encuentran las pendientes máximas.

Considerando que se trata de uno de los puertos más duros del mundo con una rampa del 22% vamos a considerar para nuestra aplicación que el 25 % de pendiente corresponderá con nuestro 80 % de PWM ya que con un 100 % se hace muy duro pedalear.

Entonces utilizaremos el rango de 0 al 80 % de PWM para generar el par resistente.

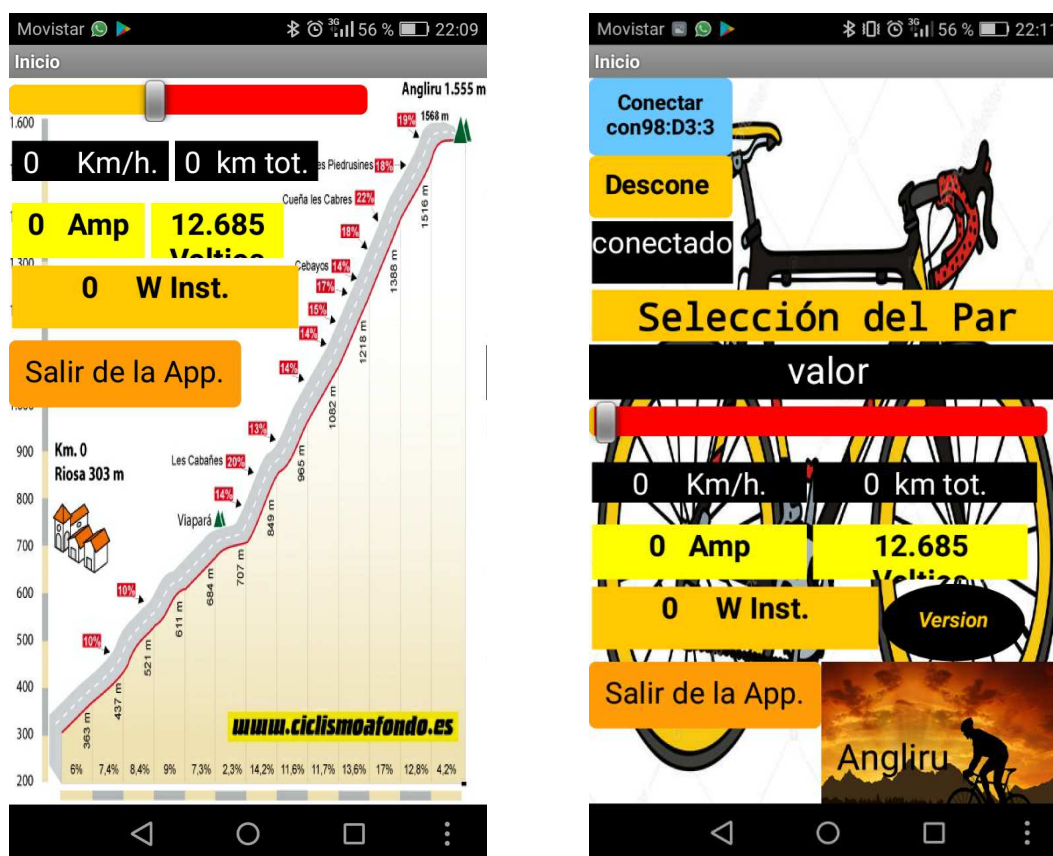
Si dividimos  $\frac{80}{25} = 3.2$  que será nuestro factor de conversión para adaptar las pendientes al porcentaje PWM. En algunos km con pendientes máximas intensas le hemos se le ha añadido los últimos 100 m del km un par correspondiente con la pendiente máxima.

La siguiente tabla muestra los valores del PWM programados en la aplicación móvil.

**Tabla 7:** Valores de pendiente y porcentaje PWM.

Nº de km	Pendiente media (%)	Pendiente máxima (%)	Valor PWM (%)	PWM últimos 100 m
1	6	-	19	-
2	7,4	-	24	-
3	8,4	-	27	-
4	9	-	28	-
5	7,3	-	24	-
6	2,3	-	7	-
7	14	20	44	64
8	11,6	-	37	-
9	11,7	-	37	-
10	13,6	17	43	54
11	17	22	54	70
12	12,8	20	41	62
13	4,2	-	13	-

La primera imagen corresponde con la parte gráfica del puerto donde podemos fijarnos en los datos que nos aporta. La segunda imagen es la pantalla inicial de la APP para conectarnos vía bluetooth y seleccionar manualmente el par resistente deseado.



**Figura 141:** Apariencia de la App.

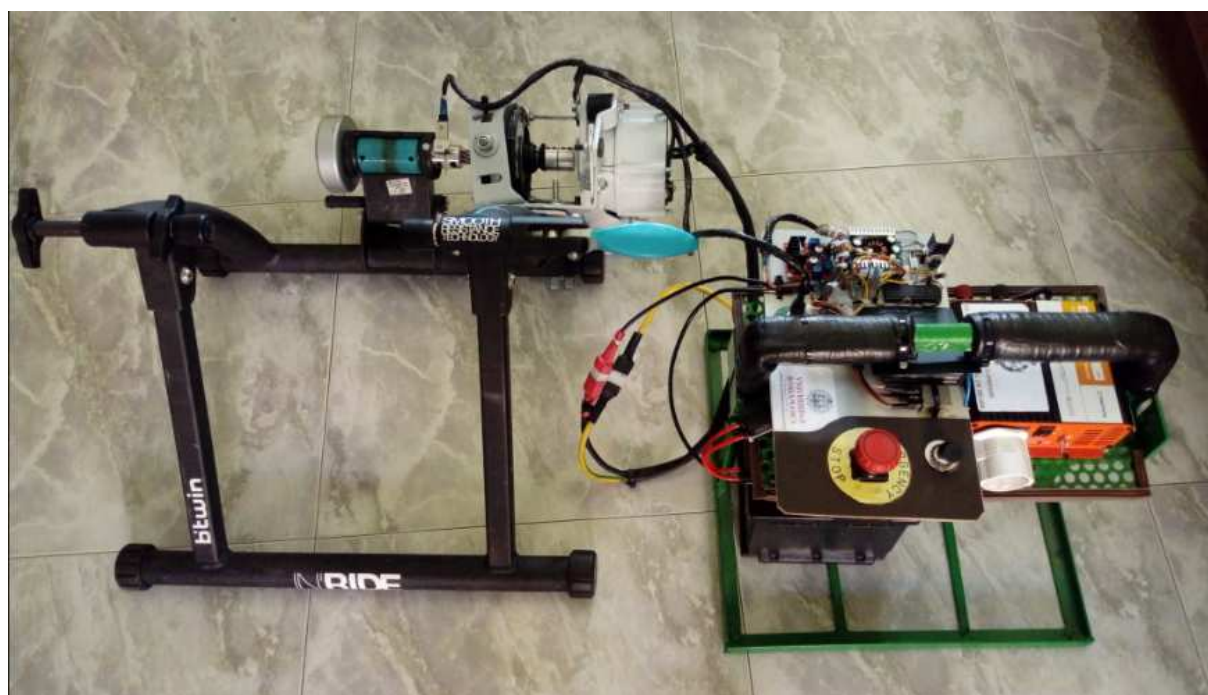


Le hemos añadido un botón a la aplicación como últimos ajustes de la programación para informar de la autoría y finalidad de la App, además de cambiar algunos colores para hacerla más visual.



**Figura 142:** Pantalla de información de la App.

En la parte física de la máquina se han hecho ciertos arreglos para mejorar la apariencia del Rodillo Auto-generador que finalmente queda como se aprecia en las siguientes figuras.

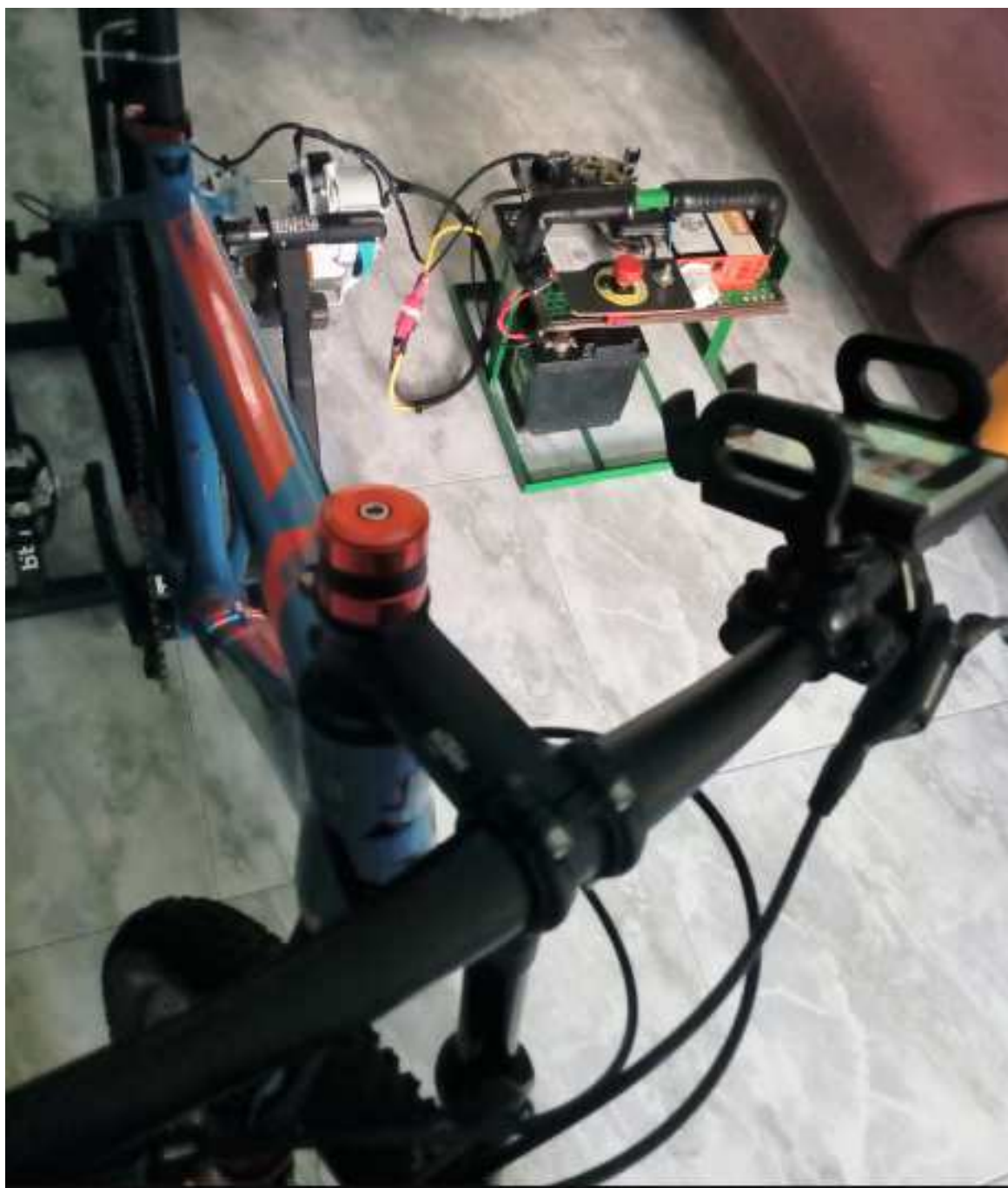


**Figura 143:** Imagen del Rodillo Auto-generador.



**Figura 144:** Vista lateral del Rodillo con la bici.





*Figura 145: Imagen desde la parte delantera.*



## 5. ANEXO DE CÁLCULOS

### A LA MEMORIA

### 5.1.- Cálculo de secciones:

Para el cálculo de secciones debemos tener en cuenta 2 criterios, el primero el cálculo por caída de tensión y el segundo el de intensidad máxima admisible. Aplicaremos el más restrictivo basándonos en el R.B.T.

Según el reglamento de baja tensión en su anexo de cálculos por caída de tensión tenemos:

$$\text{Sección: } S = \frac{2 * P * L}{\gamma * e * U} \quad (3)$$

Siendo:

- S = Sección del cable.
- P = Potencia.
- $\gamma$  = Conductividad.
- e = Caída de tensión permitida.
- U = Tensión.
- L = Longitud

En la siguiente tabla se han calculado las secciones por los dos criterios mencionados tomando la condición más restrictiva y teniendo en cuenta una caída de tensión máxima del 3% para cables de PVC unipolares de cobre montados al aire, con una temperatura máxima de 40° C.

**Tabla 8:** Secciones de los distintos circuitos.

Circuito	P (w)	T (V)	I (A)	L (m)	Por C.T (mm²)	Por I. Max (mm²)	Sección Comercial (mm²)	I.Max (A)
1: alt- batería	630	14	45	2	7,653	10	10	50
1.1: Alt-bat	252	14	18	2	3,061	2,5	4	27
2: Resistencia	140	14	10	0,5	0,425	1,5	1,5	15
3: Circ.Excit	28	14	2	2	0,340	1,5	1,5	15
4: Circ.Inverter	420	14	30	1	2,551	6	6	36
5:Al.electrónica	56	14	4	0,4	0,136	1,5	1,5	15

### 5.2.- Cálculo de fusibles:

#### Criterio 1:

$$\text{Fusibles: } I_b \leq I_n \leq I_z \quad (4)$$

- I<sub>b</sub>**: corriente de diseño del circuito correspondiente.
- I<sub>z</sub>**: corriente máxima admisible del conductor protegido.
- I<sub>n</sub>**: corriente nominal del fusible.

Esta condición indica que el fusible debe dejar pasar la corriente necesaria para que la instalación funcione según la demanda prevista, pero no debe permitir que se alcance una corriente que deteriore el cable.



Criterio 2:

Fusibles:  $I_f \leq 1,45 * I_z$  (5)

**If:** corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección.

**Tabla 9:** Rangos de intensidades nominales.

$I_n$ (A)	Tiempo convencional (h)	$I_f$ Corriente convencional de fusión
$I_n \leq 4$	1	$2,1 I_n$
$4 < I_n \leq 16$	1	$1,9 I_n$
$16 < I_n \leq 63$	1	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2	$1,6 I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3	$1,6 I_n$
$400 < I_n$	4	$1,6 I_n$

En la siguiente tabla se adjunta el valor que deben tener los fusibles para que los cables queden bien protegidos. Hay que mencionar que los portafusibles tendrán que ir en consonancia respecto de los cables y fusibles elegidos.

**Tabla 10:** Tabla de fusibles elegidos.

Circuito	P (w)	T (V)	I.nominal $I_b$ (A)	I.Max Cable $I_z$ (A)	Fusible $I_n$ (A)	$I_b \leq I_n \leq I_z$ (A)	$I_f \leq 1,45 * I_z$ (A)
1.1: Alt-batería	252	14	18	27	20	$18 \leq 20 \leq 27$	$32 \leq 39,15$
2: Resistencia	140	14	10	15	10	$10 \leq 10 \leq 15$	$19 \leq 21,75$
3: Cir.Exc.	28	14	2	15	5	$2 \leq 5 \leq 15$	$10,5 \leq 21,75$
4: Circ.Inverter	420	14	30	36	30	$30 \leq 30 \leq 36$	$48 \leq 52,2$
5:Al.electrónica	56	14	4	15	5	$4 \leq 5 \leq 15$	$10,5 \leq 21,75$

5.3.- Cálculo de revoluciones:

Si la rueda es de 29"  $\longrightarrow$   $29 * 2,54 \text{ cm} = 73,66 \text{ cm } \varnothing$ . Siendo  $r = 73,66/2 = 36,83 \text{ cm}$

Perímetro de la rueda:  $2 * \pi * r$  (1)

$$2 * 3,1416 * 36,83 = 231,41 \text{ cm} = 2,3141 \text{ m.}$$

Tendremos también en cuenta que la relación de transmisión entre la rueda y el rodillo es de 16. La relación de transmisión del multiplicador es de 3,45.

En la siguiente tabla calculamos las revoluciones de los diferentes ejes llegando a la conclusión de que nuestra maquina no trabajara a partir de 25 km/h ya que las rpm en el alternador son muy altas así como el ruido y las vibraciones en el multiplicador sabiendo además que con el par resistente  $\neq 0$  costara alcanzar una velocidad elevada.

**Tabla 11:** Revoluciones de los ejes.

km/h	rpm rueda	rpm rodillo	rpm alternador
5	36,011	576,178	1987,814
10	72,022	1152,356	3975,628
15	108,033	1728,534	5963,442
20	144,044	2304,712	7951,255
30	216,067	3457,068	11926,883
40	288,089	4609,423	15902,511
50	360,111	5761,779	19878,138

#### 5.4.- Cálculo en programación.

##### 5.4.1.- Velocidad en km/h.

Para el cálculo de las revoluciones del eje del rodillo mediante el Pic debemos de tener en cuenta los tiempos de ejecución del programa con el cristal de 20 Mhz.

**Tabla 12:** Tiempos del microcontrolador [12].

Frecuencia de Reloj(MHZ)	20 ← Dato							
Retardo deseado(seg)	0,01 ← Dato							
Ciclo de reloj	0,00000005							
Ciclo de instrucción	0,00000020							
			Todos los tiempos están en segundos					
					Redondeo superior			
<b>TMRO</b>	Periodo predivisor (Sec)	Periodo máximo de interrupción (TMRO=0)	Interrupciones por segundo (TMRO=0)	Valor TMRO para conseguir el retardo	Redondeo superior decimal	TMRO (Hex)	Error por DEFECTO en el retardo conseguido	Error (%)
Predivisor 1:256	0,00005120	0,01310720	76,29	60,69	61	3D	-0,00001600	-0,16
Predivisor 1:128	0,00002560	0,00655360	152,59	No	No	No	No	No
Predivisor 1:64	0,00001280	0,00327680	305,18	No	No	No	No	No
Predivisor 1:32	0,00000640	0,00163840	610,35	No	No	No	No	No
Predivisor 1:16	0,00000320	0,00081920	1220,70	No	No	No	No	No
Predivisor 1:8	0,00000160	0,00040960	2441,41	No	No	No	No	No
Predivisor 1:4	0,00000080	0,00020480	4882,81	No	No	No	No	No
Predivisor 1:2	0,00000040	0,00010240	9765,63	No	No	No	No	No
Predivisor desabilitado	0,00000020	0,00005120	19531,25	No	No	No	No	No

En esta tabla observamos que para conseguir un tiempo de retardo de 0,01s tenemos que precargar el valor del contador de pulsos internos TMRO con 61 y su predivisor debe de estar en 1:256.

A su vez después en el programa realizamos un bucle que repite la interrupción 100 veces por lo cual  $0.01 * 100 = 1$  segundo.

Cada segundo estamos contando las revoluciones del rodillo impulsado por la rueda de la bici.

El rodillo tiene un diámetro de 46 mm Ø su radio es 23 mm

Su perímetro es entonces  $2 * \pi * 0.023 = 0,1445$  m cada vuelta.

Si el pic registra 5 pulsos/segundo  $5 * 0,1445 = 0,7225$  m/s

$$\frac{0,7225 \text{ m}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} * \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 2,601 \text{ km/hora}$$

También podemos hacer el cálculo mediante la relación de transmisión entre la rueda y el rodillo que sabemos es 16 y el perímetro de la rueda 2,3141 metros.

En el caso de tener los 5 pulsos por segundo:

$$\frac{5}{16} = 0,3125 \frac{\text{rev}}{\text{s}} \text{ de la rueda.}$$

$$0,3125 * 2.3141 = 0,7231 \text{ m/s}$$

$$\frac{0,7231 \text{ m}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} * \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 2,603 \text{ km/hora}$$

El resultado es prácticamente el mismo, pero después en la realidad hay que meter algún coeficiente de ajuste ya que tenemos ciertos retardos acumulativos en la comunicación y no llega a ser tan exacto.

#### 5.4.2.- Km totales.

El dato de actualización de los km/h en la aplicación se realiza cada 1,8 segundos asique para calcular el total de los km en modo estimativo vamos sumando a la variable el dato actualizado y dividido por 2000 ya que  $3600 \text{ s} / 1,8 \text{ s} = 2000$

Si vamos a 5 km/h:

$$\frac{5}{2000} = 0,0025 \text{ km totales.}$$

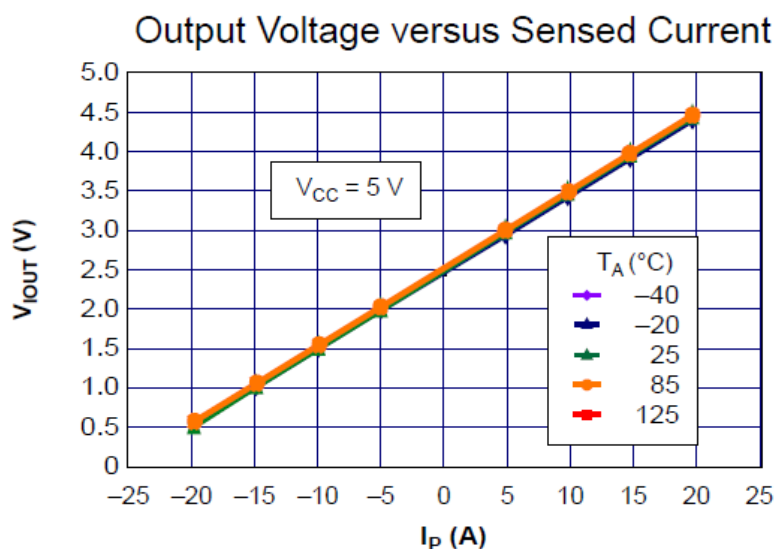
El siguiente dato de actualización vamos a 7 km/h:

$$\frac{7}{2000} = 0,00355 \text{ km totales.}$$

La App sumara ambos valores y va actualizando la variable.

#### 5.4.3.- Intensidad.

El sensor de intensidad nos suministra una señal de tensión proporcional a la intensidad que pasa pero tendremos que hacer ciertos cálculos para conseguir el valor de la intensidad instantánea producida.



**Figura 146:** Relación tensión intensidad.

Teniendo en cuenta la pendiente de la recta del sensor si trabajamos con los valores positivos vemos que a 0 amperios nos proporciona 2, 5 voltios y a 20 Amperios 4.5 voltios.

El rango es de 20 Amperios en 2 V:

$$\frac{20}{2} = 10 \text{ A/V}$$

A su vez la variable del Pic trabaja con 8 bits y la entrada analógica puede variar de 0 a 5 V.

$$2^8 - 1 = 255 \text{ valores de la variable.}$$

Si 0 Amperios corresponde con 2, 5 voltios a su vez  $255/2 = 127,5$ .

El rango ahora de la variable será de 127 a 255 y en lo que respecta a los amperios:

$$127/20 = 6,35 \text{ valores/Amperio}$$

Ejemplo: el conversor vuelca a la variable el dato 200.

$$\frac{200 - 127}{6,35} = 11,49 \text{ Amperios}$$

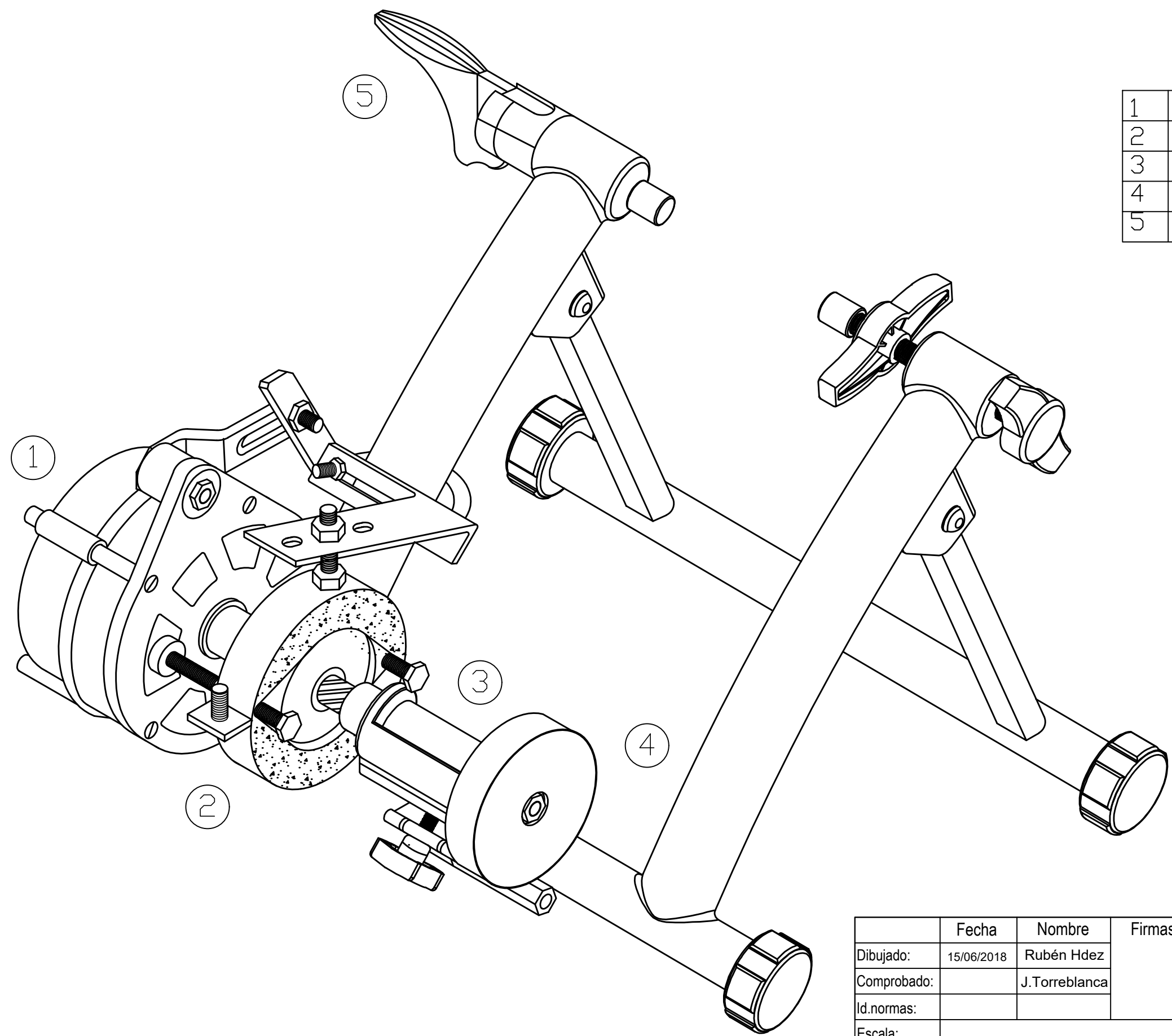
*Nota: en la realidad en vez de 6,35 dividimos por 5 al comprobar la intensidad instantánea con la pinza amperimétrica.*

PLANOS





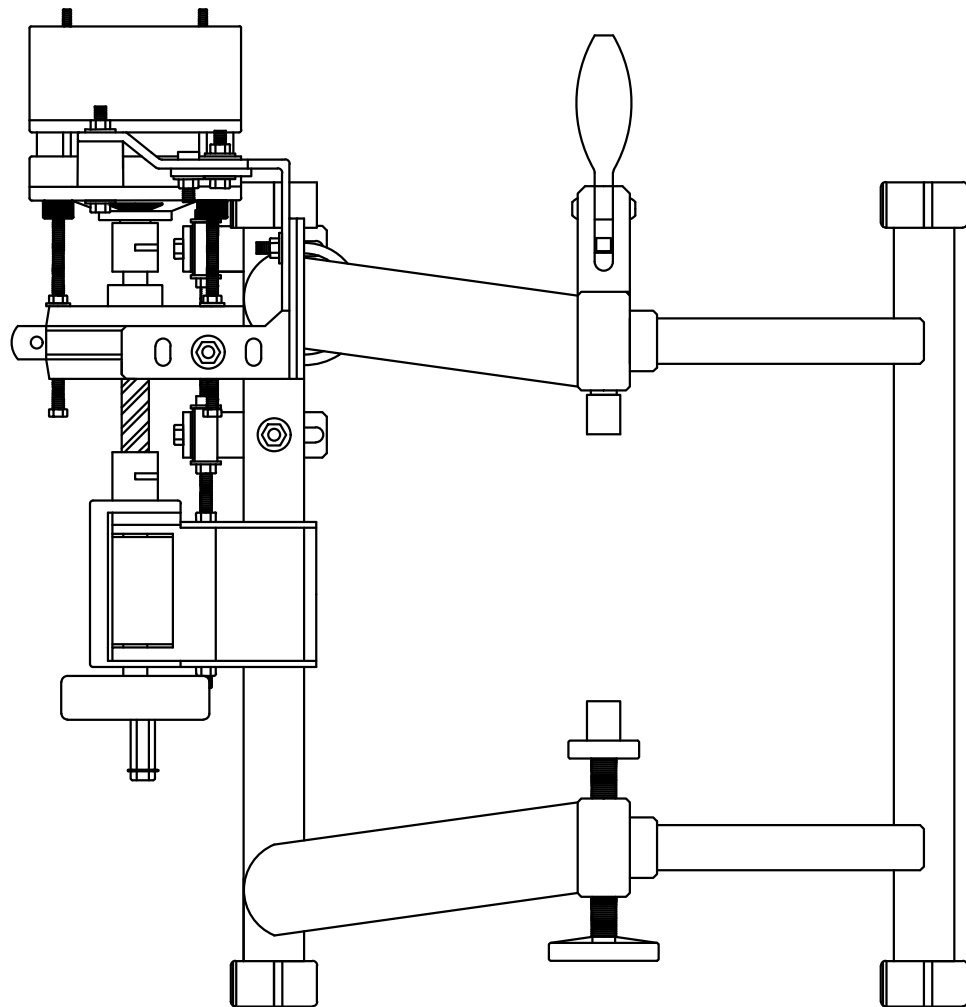
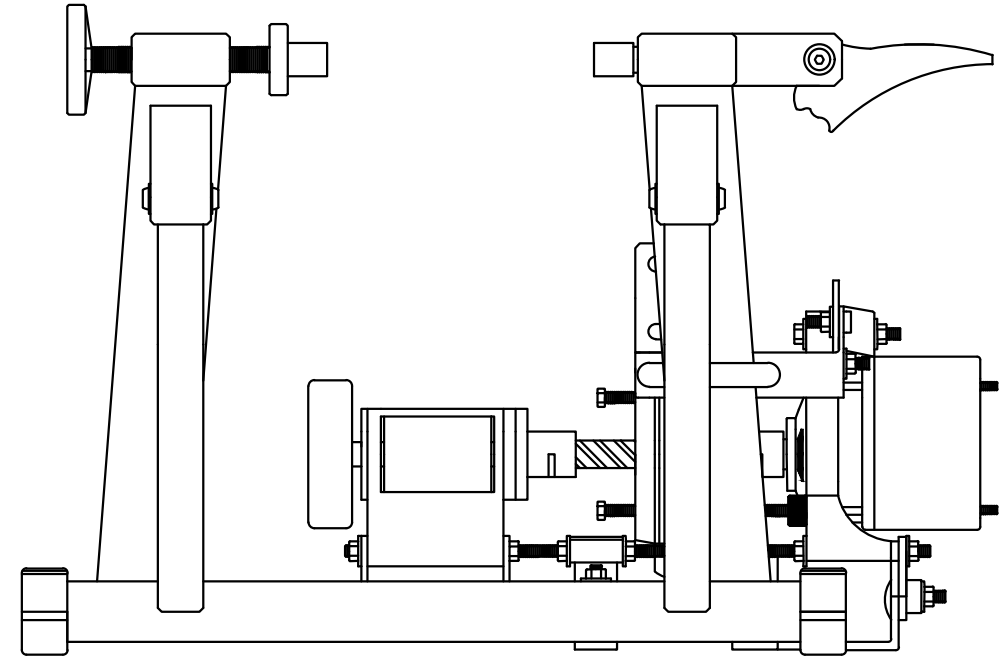
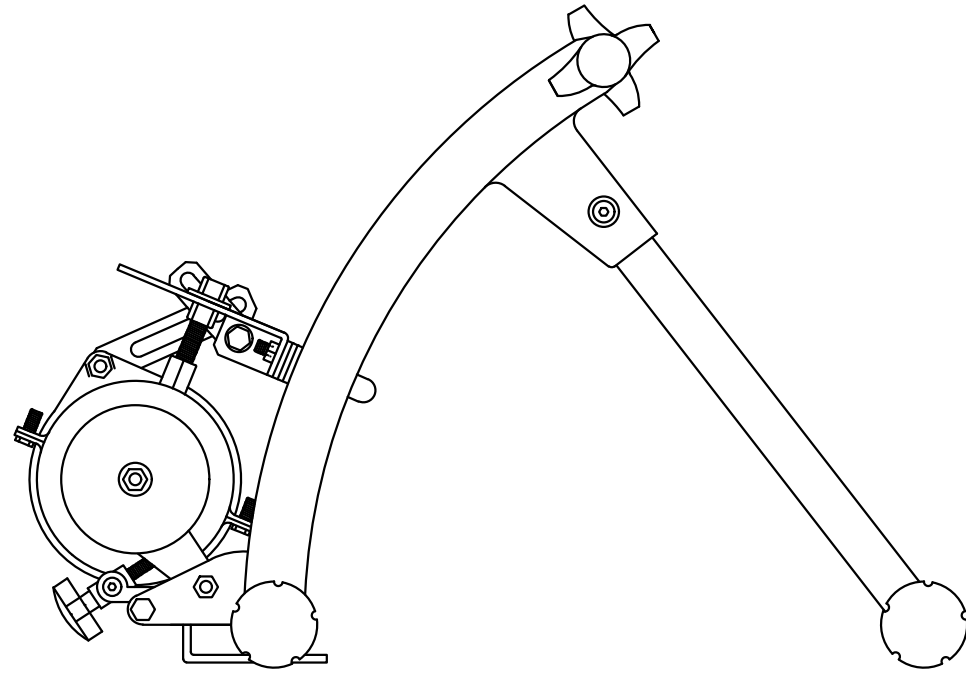
# Plano N° 1



1	Alternador.
2	Multiplicador.
3	Rodillo.
4	Masa de inercia
5	Palanca de ajuste

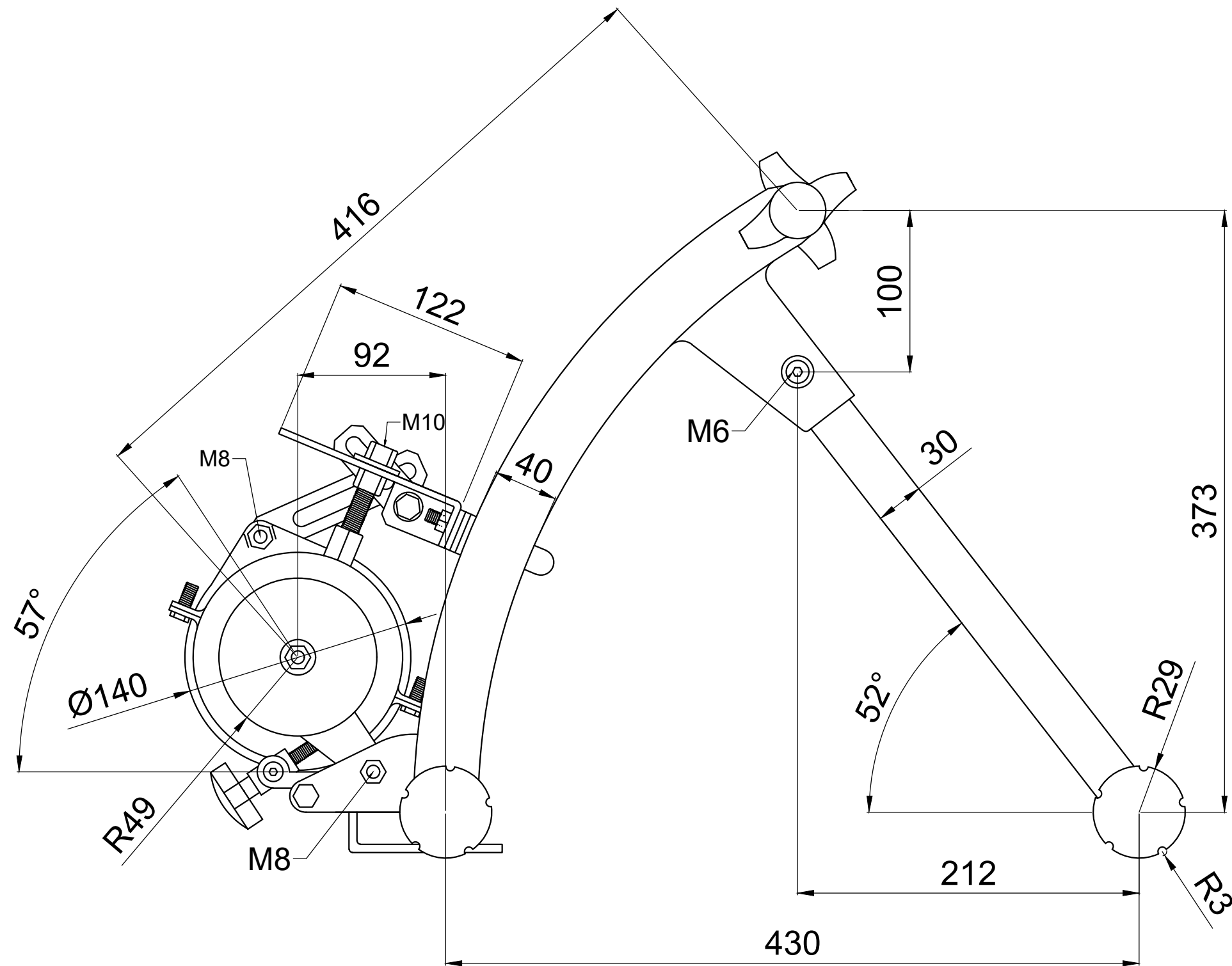
	Fecha	Nombre	Firmas	ETSII Béjar	
Dibujado:	15/06/2018	Rubén Hdez		Rodillo Auto-generador.	
Comprobado:		J.Torreblanca			
Id.normas:					
Escala:	VISTA      ISOMÉTRICA			Plano Nº:      1	
1:3				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

# Plano N° 2



	Fecha	Nombre	Firmas	ETSII Béjar	
Dibujado:	15/06/2018	Rubén Hdez		Rodillo Auto-generador.	
Comprobado:		J.Torreblanca			
Id.normas:					
Escala:	VISTAS DEL RODILLO			Plano N°: 2	
1:5				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

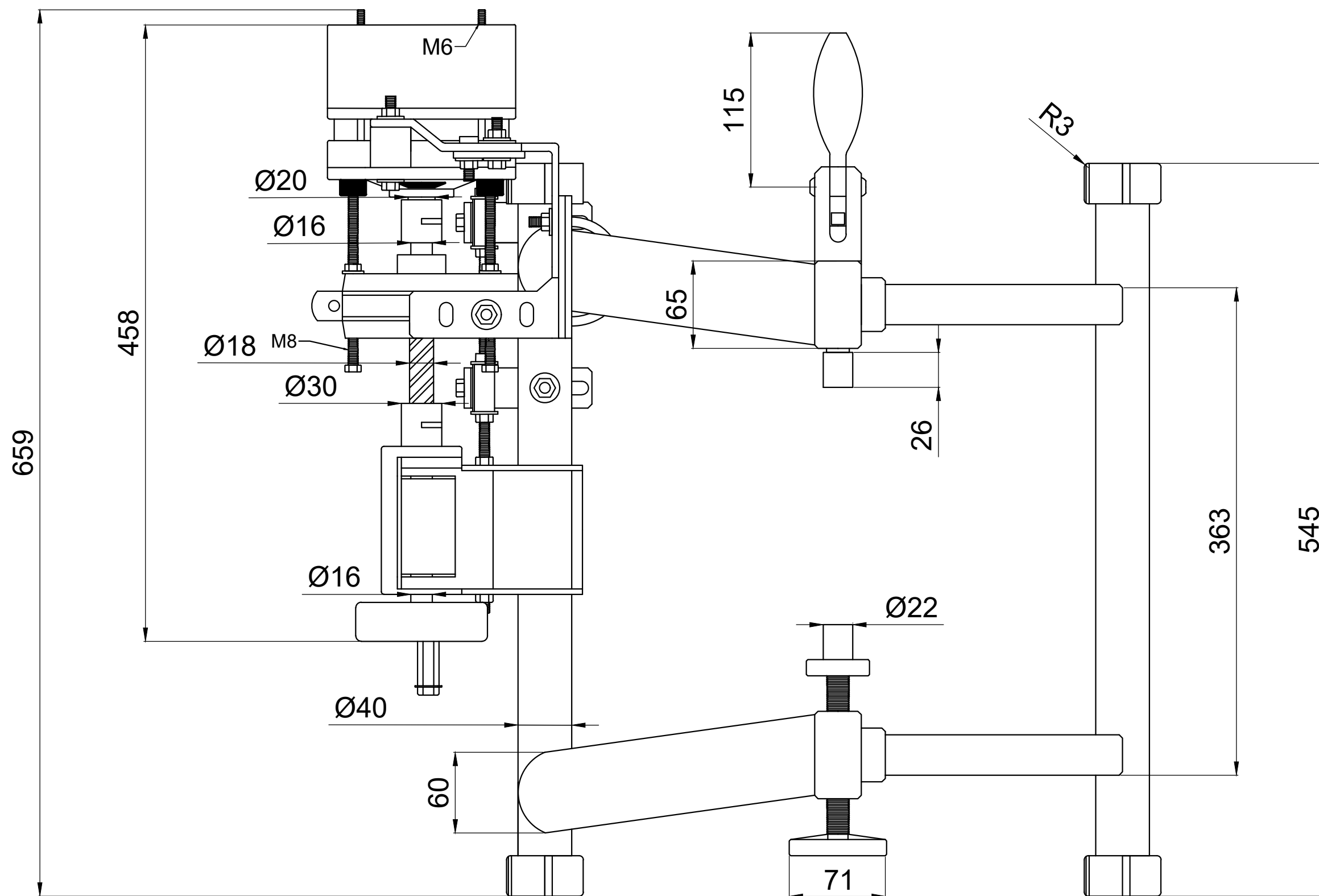
# Plano N° 3



	Fecha	Nombre	Firmas	ETSII Béjar	
Dibujado:	15/06/2018	Rubén Hdez		Rodillo Auto-generador.	
Comprobado:		J.Torreblanca			
Id.normas:					
Escala:	VISTA      FRONTAL			Plano N°:      3	
1:3				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

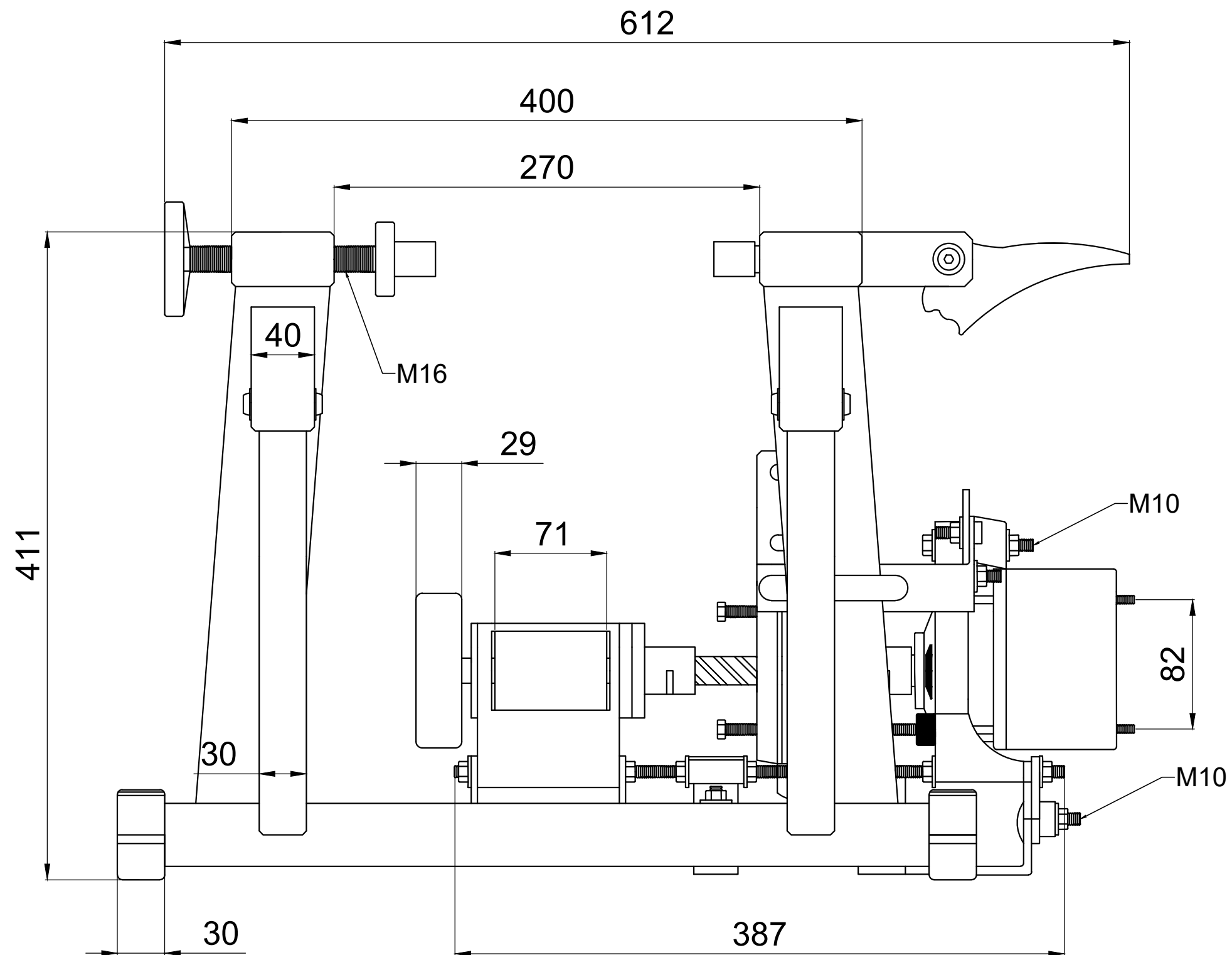


# Plano N<sup>o</sup> 4



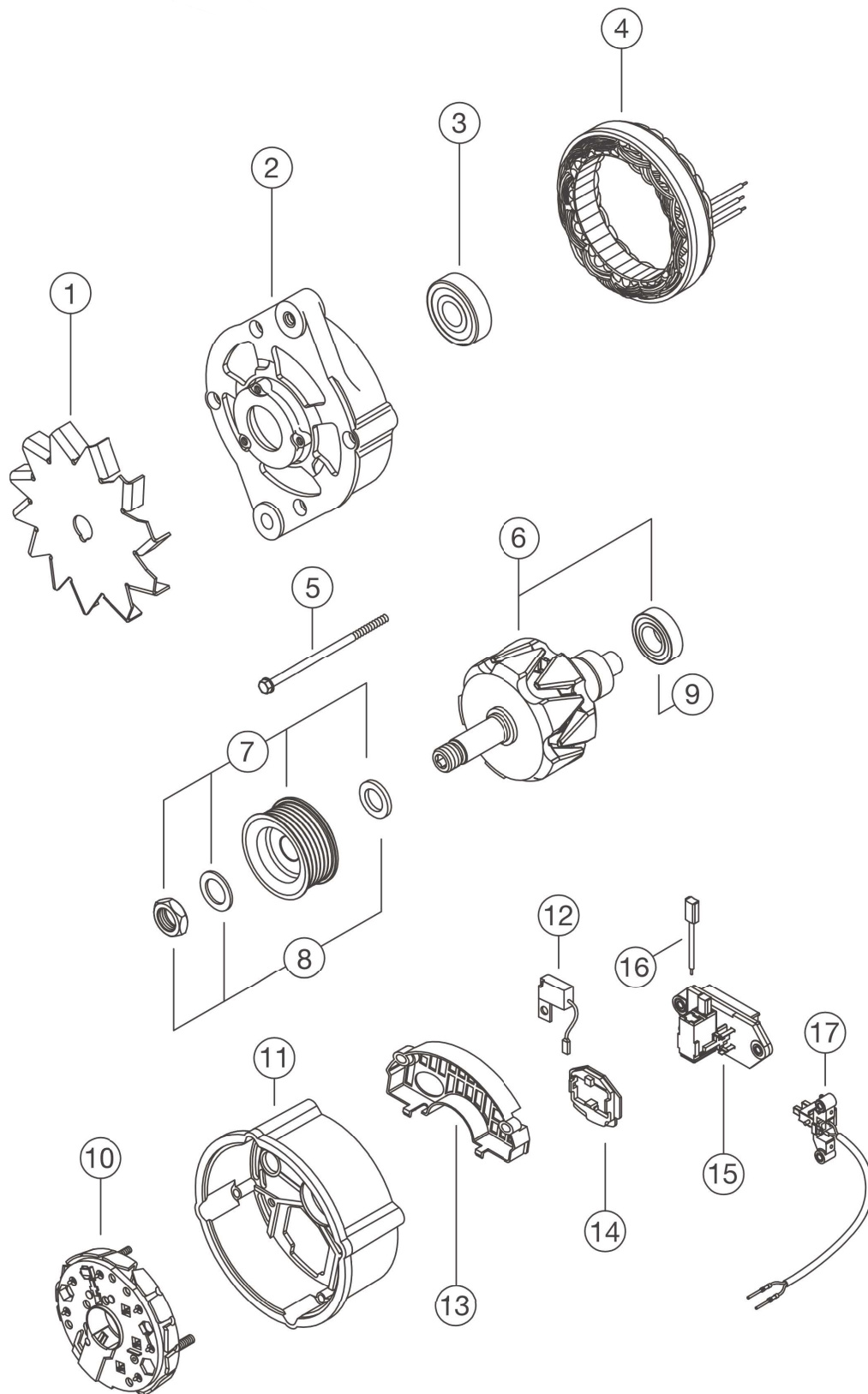
	Fecha	Nombre	Firmas	ETSII Béjar	
Dibujado:	15/06/2018	Rubén Hdez		Rodillo Auto-generador.	
Comprobado:		J.Torreblanca			
Id.normas:					
Escala:	VISTA PLANTA SUPERIOR			Plano N°: 4	
1:3				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

# Plano N° 5



	Fecha	Nombre	Firmas	ETSII Béjar	
Dibujado:	15/06/2018	Rubén Hdez		Rodillo Auto-generador.	
Comprobado:		J.Torreblanca			
Id.normas:					
Escala:	VISTA PERFIL DERECHO			Plano N°: 5	
1:3				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

# Plano N° 6



	Fecha	Nombre	Firmas	ETSII Béjar	
Dibujado:	15/06/2018	Rubén Hdez		Rodillo Auto-generador	
Comprobado:		J.Torreblanca			
Id,normas:					
Escala:	DESPIECE ALTERNADOR			Plano N°: 6	
1:5				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



# Plano N° 7

1. Ventilador



2. Tapa accionamiento



3. Rodamiento



4. Estator



5. Tornillo



6. Rotor



7. Polea



8. Juego de fijacion



9. Rodamiento



10. Rectificador



11. Tapa trasera



12. Condensador



13. Tapa protectora



14. Junta



15. Regulador de tensión



16. Juego de escobillas

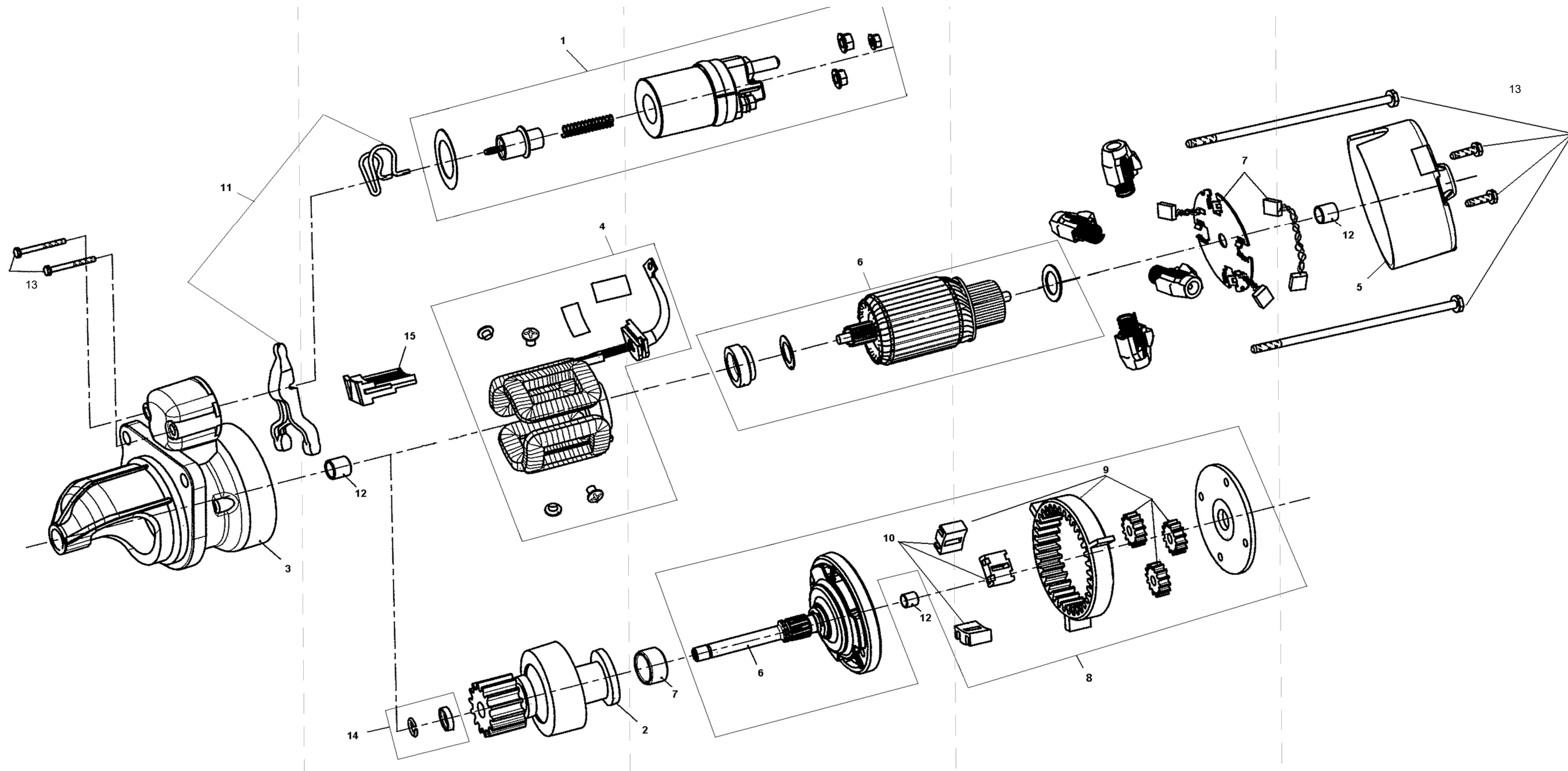


17. Porta escobillas



	Fecha	Nombre	Firmas	ETSII Béjar Rodillo Auto-generador	
Dibujado:	15/05/2018	Rubén Hdez			
Comprobado:		J.Torreblanca			
Id.normas:					
Escala:	LEYENDA ALTERNADOR			Plano N°: 7	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

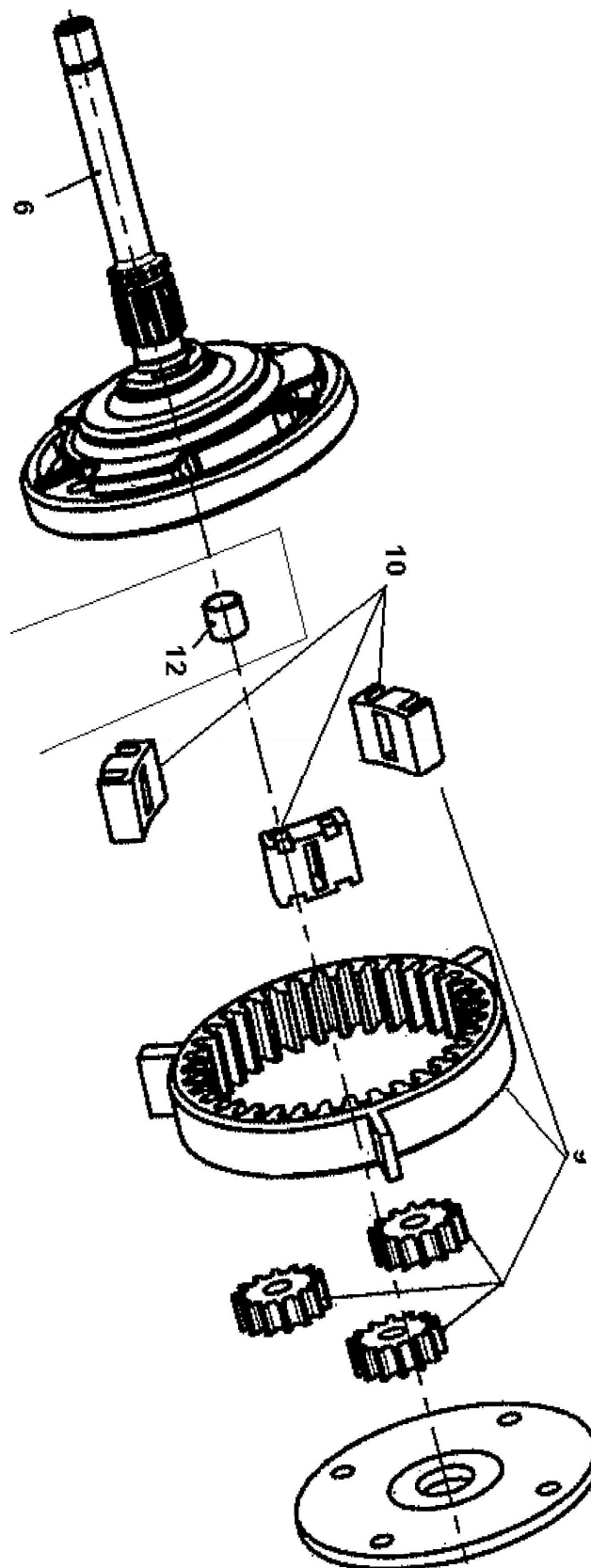
# Plano N<sup>o</sup> 8



1	Conjunto Solenoide
2	Conjunto Impulsor
3	Cubreimpulsor
4	Conjunto Devanado
5	Tapa excitación colector
6	Conjunto Inducido
7	Placa Portaescobillas
8	Conjunto Reductor
9	Conjunto Engranajes
10	Kit Juntas reductor y amortiguador
11	Conjunto Palanca
12	Conjunto Bujes
13	Conjunto tornillería
14	Conjunto Reten Piñón
15	Junta cierre

	Fecha	Nombre	Firmas	ETSII Béjar	
Dibujado:	15/06/2018	Rubén Hdez		Rodillo Auto-generador.	
Comprobado:		J.Torreblanca			
Id.normas:					
Escala:	DESPIECE MOTOR DE ARRANQUE			Plano N°: 8	
1:4				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

# Plano N° 9

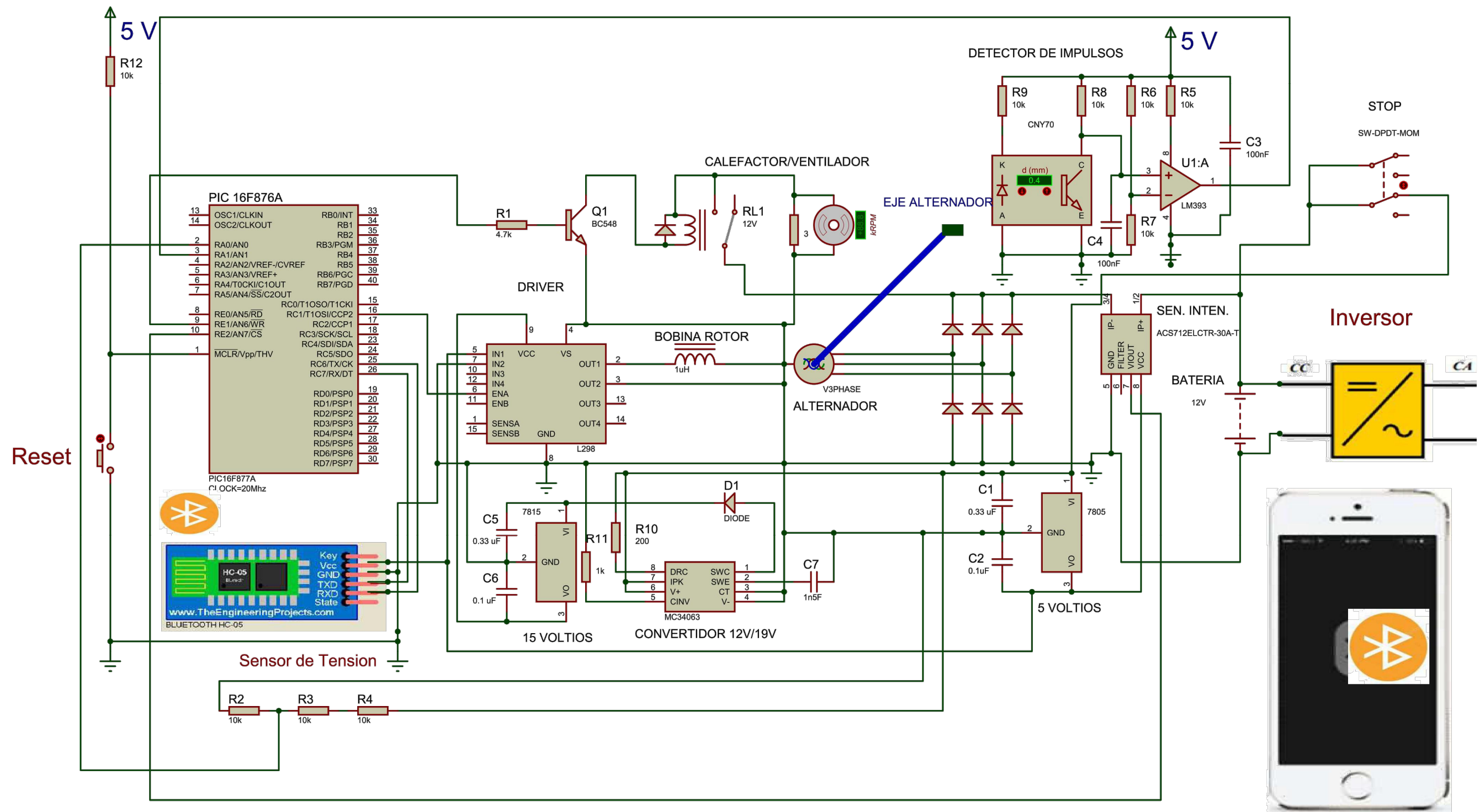


	Fecha	Nombre	Firmas	ETSII Béjar Rodillo Auto-generador	
Dibujado:	18/06/2018	Rubén Hdez			
Comprobado:		J.Torreblanca			
Id.normas:					
Escala:	REDUCTORA			Plano N°: 9	
1:4					
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



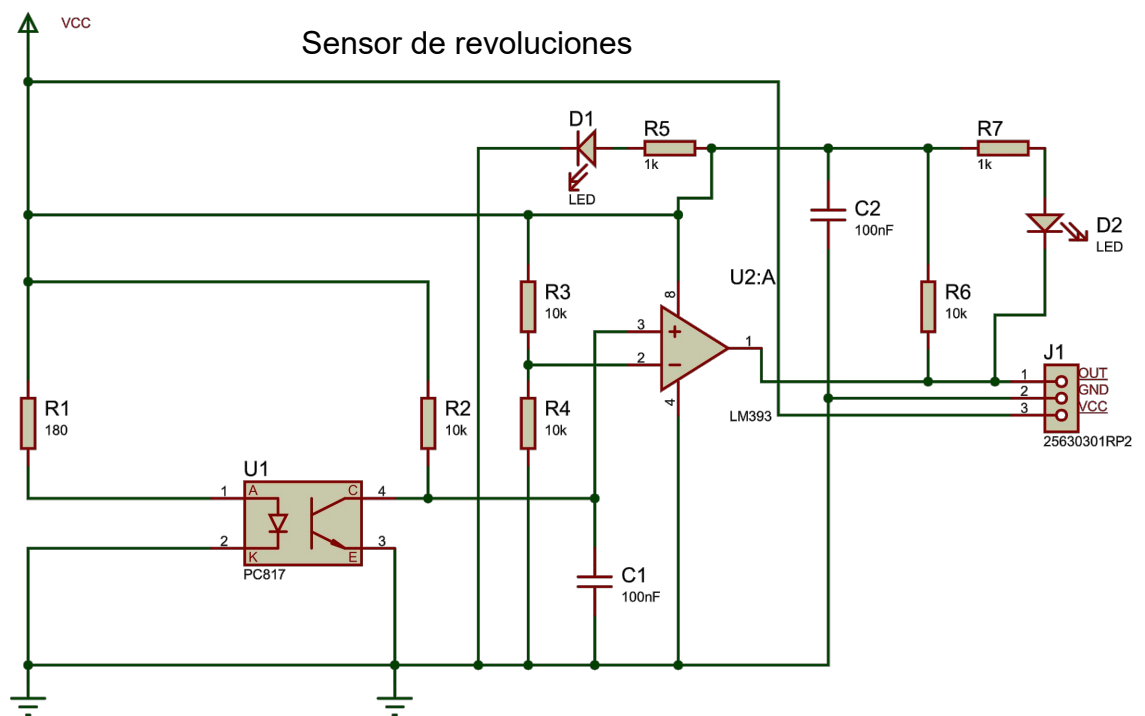
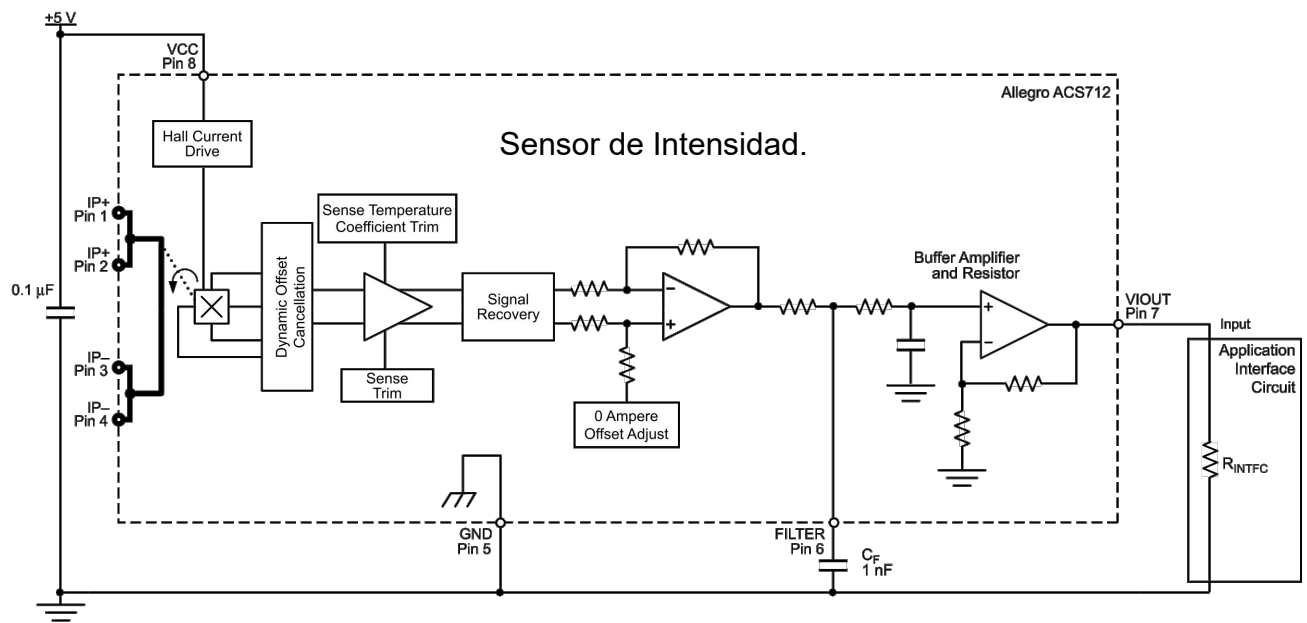
# Plano N<sup>o</sup> 10

## Rodillo Auto-generador



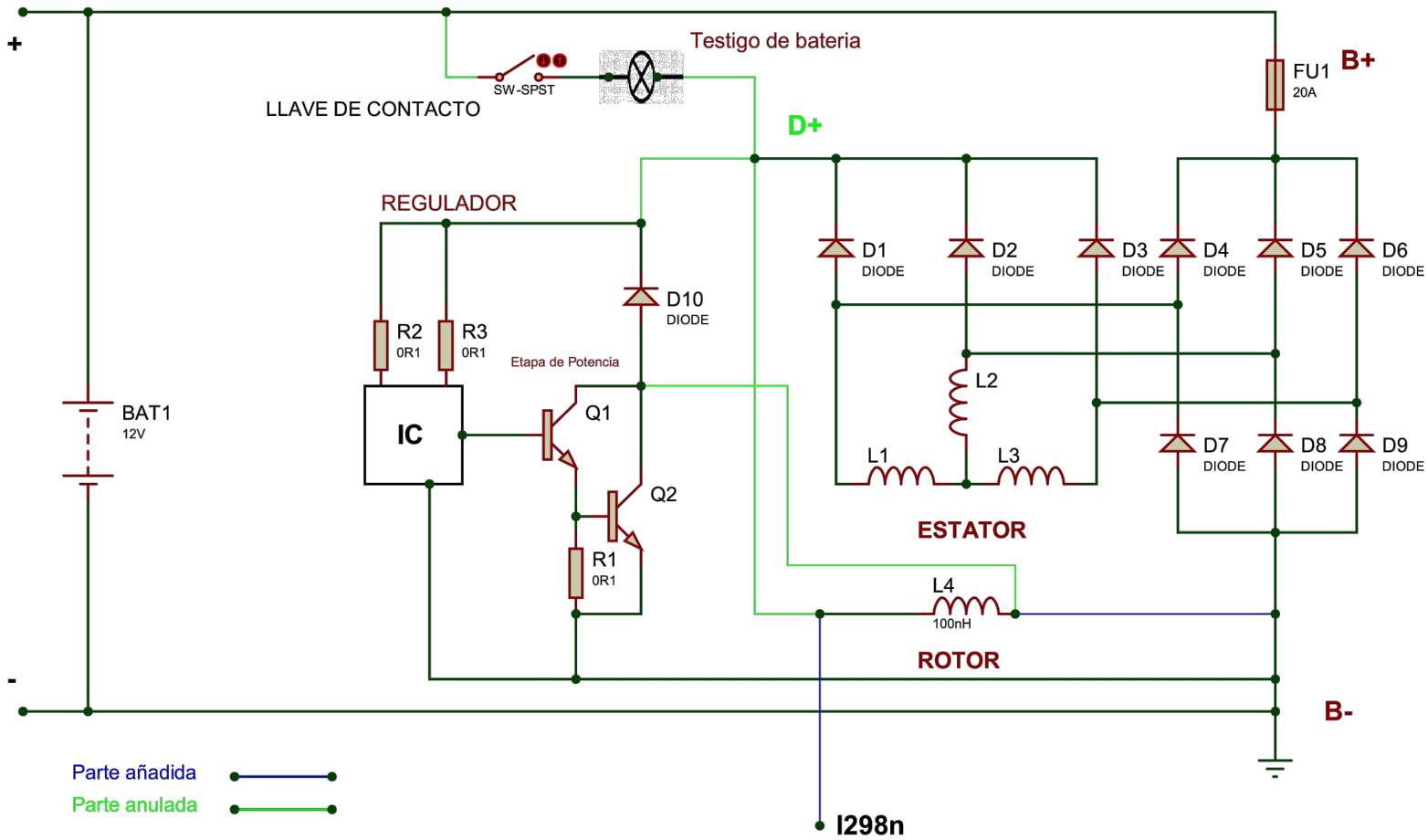
	Fecha	Nombre	Firmas	ETSII Béjar	
Dibujado:	17/06/2018	Rubén Hdez		Rodillo Auto-generador.	
Comprobado:		J.Torreblanca			
Id.normas:					
Escala:	<div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">ESQUEMA ELECTRÓNICO</div>			Plano N°: 10	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

# Plano N° 11



	Fecha	Nombre	Firmas	ETSII Béjar	
Dibujado:	24/06/2018	Rubén Hdez		Rodillo Auto-generador	
Comprobado:		J.Torreblanca			
Id.normas:					
Escala:	SENSORES			Plano N°: 11	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

# Plano N<sup>o</sup> 12



## ETSII Béjar

### Rodillo Auto-generador

Firmas

Fecha	Nombre
28/06/2018	Rubén Hdez
	J.Torreblanca

Plano N°: 12

## ESQUEMA ALTERNADOR

Escala:

Sustituye a:

Sustituido por:

# PLIEGO DE CONDICIONES





# 1. CONDICIONES GENERALES.

## 1.1.- Objeto.

El presente pliego de condiciones tiene por objeto regular el diseño, construcción y utilización del Rodillo auto-generador, así como el software desarrollado para su implementación.

El proyecto ha sido realizado por Rubén Hernández Martín, alumno de la Escuela Técnica Superior Industrial de Béjar, a petición de José Torreblanca González, profesor del departamento de Tecnología Electrónica.

## 1.2.- Documentos.

El presente proyecto integra los siguientes documentos:

- Memoria
- Planos
- Pliego de condiciones generales
- Presupuesto
- Conclusiones

## 1.3.- Número de copias autorizadas.

El número de copias autorizadas del proyecto es de dos inicialmente, una de las copias se guardará en la biblioteca del centro universitario Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar, mientras que la otra copia la guardará el autor del presente proyecto.

Así mismo, el tutor dispondrá de una copia y además podrá realizar tantas copias y modificaciones como considere conveniente, ya que el proyecto se ha realizado con fines didácticos de cara a las asignaturas de electrónica que imparte en el área de Tecnología Electrónica.

## 1.4.- Pliego de condiciones constructivas o específicas.

### 1.4.1.- Descripción del producto.

El producto diseñado es un prototipo de rodillo con recuperación de energía eléctrica para el entrenamiento ciclista controlado por una aplicación para Android y está constituido principalmente por:

- Bastidor y eje de giro con soporte del rodillo comercial para entrenamiento B'twin.
- Alternador de automoción.
- Batería 12 V.
- Placa electrónica de control.
- Sensor de revoluciones, sensor de voltaje, sensor de intensidad.
- Teléfono móvil con la aplicación para Android.
- Inversor DC/AC.
- Soporte para electrónica y batería.

#### 1.4.2.- Estructura del Rodillo Auto-generador.

El hecho de querer realizar este trabajo con el mayor número de piezas recicladas posibles ha condicionado sin duda el diseño y estructura del Rodillo.

Los elementos principales iniciales fueron el rodillo B'twin y el alternador de automoción. A partir de este punto nos hemos ido adaptando a medida que le dedicábamos más tiempo al proyecto y reconsiderábamos las ideas iniciales. La reductora que hemos transformado en multiplicador sacada de un motor de arranque, en la que comprobamos primeramente la relación de transmisión y viendo que nos podía servir, nos ha obligado a su vez a cambiar arandelas de ajuste, cortar partes del motor de arranque con radial de 1000 W, soldar con soldadura eléctrica con electrodos de 2.5mm, etc. Para estos trabajos nos hemos servido de bocetos a mano alzada con las medidas tomadas con el calibre.

A esto le siguió buscar la manera de acoplar los ejes que no resultaba tan obvia, porque debíamos de hacerlo lo más sencillo posible sin ocupar demasiado espacio y que fuera funcional. Buscamos rodillos comerciales en Internet y en general mucha información sobre los mecanismos de acople, aparte de rodamientos, poleas, acoples rígidos, etc. que nos hicieran tomar la mejor solución posible.

Para hacer el montaje del diseño mecánico final utilizamos un taladro Bosch de 600 W de batería para taladrar el chasis del rodillo donde se han montado las escuadras sujetas por tornillos con cuadrado de cabeza redonda para que no entorpezcan el apoyo del chasis con el suelo. Las escuadras también son recicladas y algunas se han soldado para poder acoplar el alternador. Hay que hacer especial mención a la varilla roscada de M8, mediante la cual bascula tanto el soporte de la parte rodante del rodillo que acopla con la rueda de la bici, como el propio alternador para poder centrarlo respecto del multiplicador.

El soporte que aloja tanto la batería como la electrónica se ha fabricado con material reciclado con diferentes partes de pletinas procedentes de maquinaria agrícola, soldando con soldadura eléctrica y electrodo de 2,5 mm

Respecto a la tornillería empleada, muchas de las arandelas de ajuste, chapas y otros elementos, se han comprado en ferreterías industriales, otros a través de Ebay. Algunas de las medidas necesarias no eran comerciales por lo que después se han cortado para adaptarlas y también lijado para que no queden rebordes cortantes.

El diseño mecánico lo hemos ido haciendo sobre la marcha y probando cada cosa que se podía montar con la bici enganchada al rodillo y así poder comprobar de primera mano los avances conseguidos.

#### 1.4.3.- Alternador.

El alternador es uno de los elementos principales del auto-generador y pertenece a un vehículo Volkswagen Golf del año 1992. Se le han hecho algunos cambios para poder adaptarlo al rodillo. Primeramente el cambio de rodamientos con ref. 6203 y 8242 comprados en la ferretería industrial.

Una vez montados, tras el cambio de rodamientos, prescindimos de la polea y del ventilador para poder rebajar el eje y adaptarlo al acople rígido comercial 16/16mm. Hay que comentar que éramos conscientes de que la mejor manera de ajustar los ejes era trabajándolos en un torno, pero como en el del alternador sólo teníamos que rebajarlo 1mm decidimos hacerlo nosotros mismos con la ayuda del taladro, limas y lijas finas para el acabado final.

Otros de los cambios notorios en el alternador es la anulación del Borne D+ junto con la desconexión del control del regulador electrónico que trae el propio alternador para hacer nosotros la regulación de la excitación a través del Pic. Este paso fue uno de los primordiales respecto al generador ya que de él dependía el futuro diseño del controlador del par.

#### 1.4.4.- Electrónica de control.

La electrónica de control la componen el Pic 16F876A de 40 patitas, un convertidor de tensión regulable para elevar la tensión DC a 19 V, el Driver para el control del campo magnético del rotor mediante el ancho de pulso (PWM), el módulo Bluetooth HC05 para la comunicación entre el móvil y el microcontrolador, además también de los distintos sensores (intensidad, tensión y revoluciones). Para los sensores, el Pic, el módulo HC05 y una parte del driver se requieren 5 voltios estables ya que se trata de electrónica delicada, por esta razón se ha montado un 7805 para estabilizar la tensión. El convertidor DC se alimenta directamente desde la batería por lo que esta tensión será fluctuante pero su salida será estable a 19 voltios y alimentará los dos 7815 en paralelo que suministran tensión de 15 V DC a la entrada del Driver.

Respecto a la carga del programa en el PIC decir que se le conectó un conector macho de 6 pines PCB para poder comunicar con el interface Pickit 3 que nos permite ver registros en tiempo real además de poder programar y reprogramar el micro tantas veces como queramos sin la necesidad de sacar el PIC, evitando la rotura de alguna de sus patitas. Por otra parte, el conector mencionado puede conectarse al revés ya que no tiene posición única y por eso tenemos marcado las partes que van juntas.

#### 1.4.5.- Sensores de la máquina.

El sensor de revoluciones es el más primordial y se encuentra en el eje de salida del rodillo rotatorio. Hay que tener especial cuidado de que este elemento esté bien posicionado respecto de la chapa que gira y corta el haz de luz, y también que no roce en ninguna de las partes giratorias. Es especialmente sensible a la luz solar y si le incide directamente habrá problemas con el conteo de las vueltas. Tiene que tener alimentación de 5 V DC estables y lo hacemos a partir del 7805 como se ha comentado en los párrafos anteriores.

Respecto al sensor de tensión es simplemente un divisor de voltaje para la entrada analógica del Pic y no necesita ningún cuidado especial, está directamente puesto en la placa electrónica perforada.

El sensor de intensidad va colocado en el panel donde se encuentra la electrónica y su principio de funcionamiento se basa en el efecto Hall y la variación que produce la intensidad en el campo magnético. Este sensor puede funcionar con dos direcciones de la intensidad en DC por lo que en nuestra aplicación hay que tener cuidado con la polaridad que nos podría dar un voltaje inverso en su salida analógica. Para el procesamiento de su señal hay que tener en cuenta la gráfica que incluyen sus especificaciones. Este sensor no tiene una importancia muy relevante ya que los datos que aporta son para el cálculo de la intensidad y potencia eléctrica producidas y son sólo variables visuales en el Smartphone.

#### 1.5.- Materiales.

En esta sección citaremos los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos del proyecto, tanto recursos tangibles como software necesario, herramientas, etc.

### 1.5.1.- Software necesario.

Para el desarrollo de fabricación y diseño de la máquina hemos utilizado los siguientes programas:

- Inventor y AutoCAD (para el diseño mecánico).
- MPLAB IDE (para la programación del Pic).
- Hércules y Serial Port Monitor (para la comunicación con el puerto serie).
- Pic Simulator Ide y Proteus 8 (para simular los programas del  $\mu$ controlador).
- App Inventor para el desarrollo de la aplicación móvil.

### 1.5.2.- Elementos de la parte mecánica.

- Alternador.
- Rodillo mecánico comercial.
- Multiplicador.
- Arandelas de ajuste 0.2mm.
- Acoplamientos rígidos de aluminio para ejes 12/16 y 16/16mm.
- Varilla roscada de métrica 8.
- Varilla roscada de métrica 6.
- Tornillos de métrica 8 de 50mm.
- Tornillos de métrica 6 de 40mm.
- Tornillos de métrica 4 de 30mm.
- Tornillos de métrica 3 de 20mm.
- Tuercas de varias métricas.
- Tuercas con freno de métrica 10 y 12mm.
- Arandelas varias.
- Rodamientos de bolas 6203 y 8242.
- Abrazadera para tubos de 110mm.
- Abrazadera para tubos 60mm.
- Pletinas varias para soldar el soporte de la batería y el alternador.
- Chapa perforada.
- Cámara de bicicleta.
- Panel para soporte de la electrónica.

### 1.5.3.- Componentes de la electrónica.

- Pic 16F876A.
- Convertidor DC regulable 300 W.
- Driver L298N con 2 canales a 2 A por canal.
- Sensor de revoluciones FZ 0888.
- Sensor de intensidad ACS 712.
- Inversor DC/AC 300 W.
- Estabilizadores de tensión 7815 y 7805.
- Modulo Bluetooth HC05.
- Ventilador de 12v de 40mm.
- Zócalo, resistencias varias, condensadores varios.
- 20 cables Jumperes macho hembra.
- Conectores para panel macho hembra de 5 polos.

### 1.5.4.- Herramientas utilizadas.

Para el montaje del Rodillo Auto-generador hemos necesitado:

- Taladro Bosch de 600 W con batería de 32 V.
- Radial pequeña Bosch de 300 W para cortar partes metálicas y radial de 1000W.
- Soldadura eléctrica de electrodo.
- Soldador JBC de 30 W para soldar con estaño los diferentes componentes.
- Polímetro, pinza amperimétrica.
- Herramientas varias: alicates, destornilladores, tijeras, llaves planas, carracas, llave grifa, extractor de rodamientos, calibre etc.

*Nota: Con todas las herramientas hay que tener sumo cuidado en su uso y por supuesto la utilización de Epis necesarios. De las herramientas y maquinas utilizadas tienen más peligro para el trabajador el taladro, la radial y la soldadura.*

### 1.6.- Pasos a realizar para el correcto manejo del Rodillo Auto-Generador.

Si cambiamos la bicicleta con la cual normalmente entrenamos implica una serie de medidas a tener en cuenta respecto del montaje y acople con el rodillo. Cada vez que nos disponemos a entrenar tendremos que realizar unos ajustes para el correcto funcionamiento y comprobar que se ha establecido la comunicación bluetooth. De la misma manera al apagar la máquina debemos tener en cuenta algunas consideraciones. En los párrafos siguientes se explica cada punto paso a paso.

### 1.6.1.- Cuando se acopla la bicicleta.



Cada vez que se acopla nuevamente una bicicleta en el soporte habrá que mirar el tipo de maneta que tiene la bici en su eje, cerciorándonos que acopla perfectamente en los huecos de los casquillos del soporte. A continuación haremos unas cuantas acciones rutinarias.

*Figura 147: Acoplamiento de la bici.*

1. Aflojar del todo el tornillo que aproxima el elemento rodante para que quede espacio para la rueda; también aflojaremos el tornillo que permite bascular al alternador.
2. Si la bicicleta no dispone de cubierta para rodillos habrá que deshinchar la rueda para que se ajuste y adapte mejor a la parte rodante.
3. Una vez que vemos que hay suficiente espacio para que la rueda quede sujeta en los casquillos, la pequeña palanca de ajuste que trae el bastidor en uno de los topes deberá de estar en la posición de reposo.
4. El otro casquillo ajusta con un tornillo de M16 manualmente y tendremos que aproximarlos para que entre dentro la tuerca del eje de la rueda.
5. Después que esté solamente un poco ajustada apretaremos la palanca del bastidor para que el eje de la rueda quede bien fijado sin moverse.
6. Si ya hemos notado que la rueda queda bien sujeta podemos ajustar ahora el rodillo elastómero para que se adapte a la cubierta sin deslizamiento en su giro.
7. Habrá que comprobar en este punto si hay que hinchar más la rueda para que se adapte perfectamente con el elemento rodante a la vez que la giramos con la mano para probar que el alternador gira libremente ya que tenemos que ajustarlo y apretarlo en el punto de funcionamiento óptimo.
8. Subirse a la bici y empezar a rodar sin carga, verificando que la posición de la rueda está centrada en el rodillo elastómero sin rozar en ninguna otra parte. Si no fuera así el tornillo manual del soporte tope derecho se puede aflojar o apretar para centrarla.
9. Se conectará la batería comprobando que la seta de emergencia está pulsada; al poner los bornes siempre primero el positivo y después el negativo para evitar hacer un cortocircuito con masa.

### 1.6.2.- Cuando se inicia el entrenamiento.

1. Una vez hemos realizado los pasos del punto anterior donde ya la bici está bien acoplada al bastidor del rodillo, conectaremos los conectores aéreos de fuerza positivo y negativo entre el alternador y el soporte de la batería que es donde va alojada la electrónica y el Inversor. **Para conectar estos conectores deberemos de fijarnos en su color Rojo-Rojo Negro-Negro correspondiente a su polaridad ya que si los invertimos provocaremos un cortocircuito.**
2. Conectar el conector metálico de 5 polos correspondiente a las señales, alimentación de los sensores y salida regulable en ancho de pulso para la bobina del rotor.
3. Revisar que los bornes de la batería están puestos y apretados.
4. Abrir la aplicación en el Smartphone para vincular el teléfono con el PIC.
5. Mediante la seta de emergencia damos alimentación a los distintos componentes y al hacerlo podemos comprobar la iluminación del led del driver, el del módulo Bluetooth y también el del sensor de revoluciones.
6. Llegados a este punto comprobaremos que el Led del HC05 parpadea rápidamente significando que no está vinculado con ningún dispositivo.
7. Ya en la aplicación del móvil pulsaremos sobre “Selecciona dispositivo” y buscaremos la MAC del HC05 pulsando después en el botón conectar para establecer la comunicación.



8. Cuando estén vinculados en el teléfono aparecerá “conectado” y además el Led del HC05 parpadeará más lentamente.
9. En este punto ya podremos comprobar que tenemos el control sobre la máquina a través de la pantalla. Al pedalear, notaremos cierta dureza que desaparecerá si ponemos la barra deslizante de la aplicación móvil a 0.
10. Ahora ya está todo listo para el entrenamiento y el usuario puede optar entre un entrenamiento manual donde elegir el par resistente a través del deslizador o en cambio hacerlo de manera automática eligiendo el puerto “Angliru” en la pantalla táctil. Además, se puede encender el inversor de corriente para alimentar cualquier dispositivo en CA siempre que no supere los 300 W de potencia. El inversor por seguridad cortará la salida si la batería está por debajo de 10 V para no agotarla.

#### 1.6.3.- Al finalizar el entrenamiento.

Para finalizar el entrenamiento bastará con darle al botón “Salir” en la App, pulsar la seta de Emergencia que cortará tensión a toda la electrónica de la máquina y apagar el Inversor si está encendido. Si se dejara durante varios días por seguridad se podrían desconectar los bornes de la batería, quitando siempre primero el negativo para que no exista la posibilidad de hacer un cortocircuito entre positivo y masa con la propia llave.

Si quisiéramos desenganchar la bici del rodillo tendremos en cuenta los siguientes pasos:

1. Aflojar el tornillo que regula la posición del rodillo elastómero para que quite presión con la rueda.
2. Aflojar el tornillo que desplaza el tope derecho del bastidor que aprieta el eje de la rueda hasta que se note más suelta.
3. Aflojar la palanca del tope restante para liberar totalmente el eje y quitar la bicicleta.
4. Si queremos plegar el rodillo deberemos de desenchufar los diferentes conectores que hay entre el soporte de la batería y el bastidor del rodillo.

#### 1.6.4.- Mantenimiento de la máquina.

Respecto a mantener en el mejor estado posible el Rodillo Auto-generator se deberán hacer algunas consideraciones:

1. El soporte de la batería que aloja la electrónica es mejor que no esté expuesto directamente al sol ni a la intemperie durante tiempo continuado. Esto no implica que no se pueda entrenar al aire libre con buen tiempo, pero evitando la luz solar directa siempre que después la máquina se guarde debidamente.
2. Evitar cualquier derrame de líquidos sobre el panel que aloja la electrónica, así como en los sensores y alternador.
3. Cada 30 días de entrenamiento habrá que comprobar que el multiplicador se encuentra debidamente engrasado, si no fuera así se le debe meter grasa lubricante para engranajes.
4. En cuanto a la electrónica se puede soplar con aire comprimido a un máximo de 4 bares de presión para limpiar el posible polvo existente sin dañar ningún componente. Como alternativa se puede usar una pequeña brocha aplicando limpiador de componentes electrónicos.



**PRESUPUESTO**

## Sistema Mecánico.

Nº	Descripción	Cantidad	Precio/Unidad	Coste eBay
1	Arandelas de aproximación 0,2mm	10	0,383	3,83
2	Reductora	1	10	10
3	Rodillo B'twin 100	1	20	20
4	Acoplamiento 16mm/16mm	1	9,45	9,45
5	Acoplamiento 10mm/16mm	1	8,75	8,75
6	Varilla roscada M6	1	0,74	0,74
7	Rodamiento Alternador 6203	1	3,9	3,9
8	Rodamiento Alternador 8242	1	5,3	5,3
9	Varilla roscada M8	1	0,95	0,95
10	Tuercas M6	10	0,075	0,75
11	Tuercas M8	10	0,081	0,81
12	Arandelas M6	20	0,069	1,38
13	Arandelas M8	10	0,071	0,71
14	Bisagras	2	2,53	5,06
15	Tornillos M8 Cabeza Redonda	2	0,25	0,5
16	Electrodos	10	0,13	1,3
17	Abrazadera para tubos	2	2,75	5,5
18	Taco de goma	3	2,46	7,38
19	Escuadras de ajuste	5	0,35	1,75
20	Papel de lija	2	0,15	0,3
22	Pletinas varias	1	2,48	2,48
23	Cámara de bicicleta	1	0,1	0,1
	<b>Total</b>			<b>90,94</b>

**Tabla 13:** Presupuesto sistema mecánico.

## Sistema Eléctrico.

Nº	Descripción	Cantidad	Precio/Unidad	Coste
1	Alternador	1	20	20
2	Seta de Emergencia	1	4,49	4,49
3	Bridas varias	20	0,05	1
4	Cables DC	4	0,2	0,8
5	Terminales Faston	8	0,075	0,6
6	Terminales de masa	5	0,15	0,75
7	Conectores aéreos de 3 polos	2	2,42	4,84
8	Batería	1	20	20
	<b>Total</b>			<b>52,48</b>

**Tabla 14:** Presupuesto sistema eléctrico.

## Sistema Electrónico.

Nº	Descripción	Cantidad	Precio/Unidad (€)	Coste (€)
1	Modulo Bluetooth HC05	1	5,2	5,2
2	Pic 16f877A	1	8	8
3	Driver L298N	1	2,95	2,95
4	Sensor de intensidad ACS712 20A	1	3,45	3,45
5	Sensor de Velocidad FZ 0888	1	1,95	1,95
6	Inversor de corriente DC/AC	1	70	70
7	Cables hembra macho Jumpers 20cm	40	0,087	3,48
8	Placa Perforada	1	1,75	1,75
9	Zócalo	1	0,75	0,75
10	Estaño	1	2,53	2,53
11	Conector 5 pines	1	3,09	3,09
12	Convertidor de corriente	1	10,21	10,21
13	Regulador 7805	1	1,25	1,25
14	Regulador 7815	1	1,25	1,25
15	Disipador	1	0,5	0,5
16	Resistencias 10k	20	0,05	1
17	Condensadores 1µF	5	0,05	0,25
18	Termoretráctil	1	5	5
19	Portafusibles	2	1,03	2,06
20	Fusibles	2	0,01	0,02
	<b>Total</b>			<b>124,69</b>

**Tabla 15:** Presupuesto sistema electrónico.

<b>Subtotal sistema mecánico</b>			<b>90,94</b>
<b>Subtotal sistema eléctrico</b>			<b>52,48</b>
<b>Subtotal sistema electrónico</b>			<b>124,69</b>
<b>Presupuesto Total</b>			<b>268,11</b>

**Tabla 16:** presupuesto total.

*Nota: Algunos de los precios del presupuesto son del mercado de segunda mano como la batería, el rodillo, relés, etc. Otros de los precios son estimados de la cantidad gastada para el trabajo como el estaño, cables, termoretráctil, etc.*



# CONCLUSIONES



Al iniciar este trabajo nos planteamos una serie de objetivos que debería cumplir la máquina una vez diseñada e implementada. El principal de ellos venía desde el punto de vista de cualquier persona que quiere realizar un entrenamiento en la bicicleta con la ayuda de un rodillo controlando en todo momento el par resistente. Además, proponíamos una máquina que a fin de cuentas fuera generadora de electricidad sin importar demasiado el rendimiento pero que su balance energético eléctrico fuera positivo al transformar parte de la energía humana en energía eléctrica. El tercer punto fuerte como objetivo que proyectábamos tenía que ver con utilizar el mayor número de piezas recicladas posibles.

Teniendo en cuenta lo citado en el párrafo anterior y el trabajo desarrollado hasta ahora se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- ❖ En referente a el control del par a través de la aplicación Android podemos decir que es bastante precisa regulando en porcentaje de 0 a 100; pero una de las limitaciones es que el par mínimo a vencer (sin excitar el rotor) es un poco alto debido a las resistencias mecánicas (sobre todo en el multiplicador) y, por lo tanto, no correspondería con ir llaneando con una bicicleta sino más bien con una leve cuesta.
- ❖ La producción eléctrica del rodillo Auto-generador es sin duda positivo aunque trabajamos con una batería bastante grande respecto a la necesaria y nos beneficia en cuanto a amortiguar la carga y como consecuencia a estabilizar el par pero se podría trabajar con una batería pequeña haciendo algunos cambios en la programación del Pic y el circuito electrónico.
- ❖ Se han utilizado un número muy alto de piezas recicladas: el alternador, el multiplicador, pletinas y chapas, cámara de bicicleta, el contrapeso cilíndrico, seta de emergencia, fusibles... Es una manera de contribuir a la utilización de la latente basura electrónica y ahorrar dinero.
- ❖ Al soldar y probar circuitos electrónicos en placa perforada es indispensable para no tener problemas que la placa sea de calidad al igual que el estaño y el soldador. Cada pequeño cambio en el circuito electrónico hay que probarlo para poder atajar un problema pequeño ya que muchos problemas juntos son difíciles de solucionar.
- ❖ Igualmente, cada avance hecho en la programación del Pic y en App inventor por mucho que utilicemos simuladores, requieren de su prueba en la realidad para cerciorarnos que las programaciones van acordes y funcionan.
- ❖ Se podría utilizar un generador de otras características que se adaptase mejor a las revoluciones del eje del rodillo evitando así el montaje del multiplicador con todo lo que conlleva. En nuestro caso particular nos garantiza unas revoluciones mínimas en el alternador y esto ayuda en la estabilidad del par, además de mejorar la eficiencia del propio aparato que necesita unas revoluciones mínimas, pero también hay que reconocer que contribuye a hacer el equipo más pesado y complejo aumentando las pérdidas mecánicas.
- ❖ En un principio teníamos pensado utilizar la electrónica que incorpora el propio regulador del alternador para controlar el par, pero en una de las primeras pruebas realizadas nos dimos cuenta que era imposible utilizarlo por la regulación tan basta que ejercía. Esto nos obligó a cambiar de rumbo y anularlo utilizando solo las escobillas para el contacto con los anillos rozantes del rotor. Es un ejemplo de que

cada prueba realizada ha sido fundamental para reorganizarnos y adaptarnos a las nuevas circunstancias teniendo en mente los objetivos del proyecto.

- ❖ En referente al amperaje que circula de la salida del alternador hacia la batería teníamos pensado controlarlo con un regulador de intensidad, pero probando el funcionamiento decidimos que lo podíamos hacer mucho más sencillo si almacenábamos la energía mientras el voltaje del acumulador fuera bajo. En caso contrario, para que no bajara el par con la tensión más alta disiparíamos potencia con la resistencia calefactora a la vez que se mantiene un voltaje seguro en la batería. En algunas ocasiones lo difícil es hacer las cosas sencillas porque cuando nos encontramos absorbidos en un trabajo parece complicarse por sí solo mientras diseñamos soluciones cada vez más dificultosas.
- ❖ El rodillo Auto-generador se puede combinar fácilmente con una instalación de placas solares doméstica para sacar más rendimiento tanto a la batería utilizada como al inversor de corriente. Se podría usar de la misma manera que se describe en este trabajo sin que la instalación de las placas influyera en su funcionamiento, por lo tanto, podríamos entrenar sin restricciones con la instalación solar paralela al rodillo.
- ❖ Todo el prototipo del rodillo es mejorable en un futuro; a la aplicación móvil se le pueden programar diferentes puertos y además con un criterio mucho más real después de tener distintas opiniones de personas entrenando, la apariencia de la pantalla, almacenar entrenamientos, hacer graficas de las distintas variables, etc. Se podría hacer un análisis mucho más exhaustivo del balance energético de la máquina para mejorar los rendimientos mecánicos y eléctricos. También habría que pensar en un adaptador rápido y preciso para no perder tanto tiempo en acoplar la bicicleta y por supuesto hacer mejoras en cuanto al peso. El soporte de plástico del rodillo elastómero dará problemas con el uso precisamente por ser de plástico. La presión a la que lo somete la rueda es alta y ya se le nota un poco de holgura.
- ❖ El hecho de entrenar con el Rodillo Auto-generador no va a evitar que sigamos manteniendo el contrato que tenemos con nuestra compañía eléctrica suministradora, pero sí es una forma de alimentar la tendencia ya existente de la energía limpia, evitando al mismo tiempo el sedentarismo instalado en gran parte de las sociedades occidentales. Es muy motivante saber que con la actividad física desarrollada en esta máquina puedes cargar tu móvil o mantener encendido el ordenador contribuyendo y formando parte directa de las energías renovables, aunque sea con una contribución tan pequeña.



# BIBLIOGRAFÍA

[1] <<Colaboradores de Wikipedia>> *Wikipedia: Energía eléctrica en España* [En línea]. Wikipedia, 9 de marzo de 2018, [consulta: 10 de junio del 2018]. *Disponible:*

<< [https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_el%C3%A9ctrica\\_en\\_Espa%C3%B1a](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica_en_Espa%C3%B1a) >>

[2] <<Bosch>> *Instrucción Técnica de alternadores edición 2000*. [En línea]. Mecánico automotriz, 5 de enero de 2017, [consulta: 7 de febrero del 2018]. *Disponible:*

<< <https://www.mecanicoautomotriz.org/1933-manual-sistemas-energia-bosch-alternador-componentes-arranque> >>

[3] <<marianca pranger>> *Victron energy: Reguladores multietapa* [En línea]. Victronenergy, 25 de junio de 2013, [consulta: 20 de enero del 2018]. *Disponible:*

<< <https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-Alternator-ES.pdf> >>

[4] <<Colaboradores de Wikipedia>> *Wikipedia: Bicicleta* [En línea]. Wikipedia, 21 de junio de 2018, [consulta: 27 de junio del 2018]. *Disponible:*

<< <https://es.wikipedia.org/wiki/Bicicleta> >>

[5] <<Terra>> *Energía de propulsión humana en bicicleta*. [En línea]. Terra, 26 de marzo de 2010, [consulta: 3 de abril del 2018].

<< <http://www.terra.org/categorias/articulos/energia-de-propulsion-humana-enbicicleta> >>

[6] <<El tío del mazo>> *Vatios de potencia en el ciclismo*. [En línea]. El tío del mazo, 2 de abril de 2014, [consulta: 13 de mayo del 2018]. *Disponible:*

<< <https://www.eltiodelmazo.com/2014/04/02/vatios-de-potencia-en-el-ciclismo-quienes-son-los-que-mas-vatios-generan/> >>

[7] <<Torreblanca J. >> *Sistemas Digitales E.T.S. I.I Béjar (USAL)*. Apuntes de clase, Septiembre de 2017.

[8] <<Colaboradores de Wikipedia>> *Wikipedia: Bluetooth* [En línea]. Wikipedia, 14 de junio de 2018, [consulta: 16 de junio del 2018]. *Disponible:*

<< <https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth> >>

[9] <<Colaboradores de Wikipedia>> *Wikipedia: Android* [En línea]. Wikipedia, 26 de junio de 2018, [consulta: 29 de junio del 2018]. *Disponible:*

<< <https://es.wikipedia.org/wiki/Android> >>

**[10]** <<Angulo J., Romero S., Angulo I. >> Pic 16f87X Diseño práctico de aplicaciones. Segunda edición, MC Graw Hill (1 de diciembre de 2000).

**[11]** <<Ciclismo a fondo>> Angliru. [En línea].  
Ciclismo a fondo, 14 de agosto de 2013, [consulta: 25 de abril del 2018]. *Disponible:*

<< <http://www.ciclismoafondo.es/cicloturismo/altimetrias-puertos/articulo/altimetria-angliru> >>

**[12]** <<Martínez T. >> Sistemas Digitales E.T.S. II Béjar (USAL).  
Apuntes de clase, Septiembre de 2017.

**[13]** <<Tamborero del Pino>>NTP 494: Soldadura eléctrica al arco. [En línea].  
www.insht.es, 11 de enero de 2010, [consulta: 14 de Junio del 2018]. *Disponible:*

<<[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_494.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es&client=firefox-b](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_494.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es&client=firefox-b) >>





# SEGURIDAD LABORAL



# INTRODUCCIÓN.

Las máquinas son uno de los elementos de mayor entidad, que intervienen en los procesos productivos, que se desarrollan en las empresas. La importancia que tiene el tratamiento de los riesgos de seguridad y salud en las mismas es evidente, tanto en los procesos de fabricación como en su utilización.

Los accidentes de trabajo que se producen, frecuentemente se caracterizan por su especial gravedad, pudiendo estar motivados por fallos, averías o mal diseño en las partes técnicas de las máquinas o por los actos inseguros que realicen los operarios que las utilicen.

A lo largo del tiempo, se han desarrollado muchos sistemas de protección, encaminados a eliminar o reducir los peligros que presentan las máquinas, disponiéndose en la actualidad de procedimientos y normalizaciones que nos van a ayudar a tratar los factores de riesgo que se presentan en las máquinas, trabajando en el tema de una forma metódica.

En este anexo, se exponen los sistemas de protección aplicables a las máquinas utilizadas en el presente proyecto tales como:

- Soldadura.
- Taladro.
- Radial.

La normativa más destacada a tener en cuenta para la prevención de riesgos laborales es:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- R.D. 1215/1997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre maquinas.
- R.D. 56/1995, modificación del R.D 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, sobre maquinas.
- R.D. 1495/1986, de 26 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad de las maquinas.

## 1.- Soldadura.

Las operaciones de soldaduras están ampliamente extendidas en el sector industrial y a consecuencia de las operaciones ejecutadas el operario está expuesto a humos y radiaciones que pueden ser perjudiciales para la salud.

Hoy en día, la soldadura eléctrica es la más utilizada, se emplean máquinas eléctricas de soldadura consistentes en transformadores que permiten modificar la corriente de la red de

distribución en una corriente tanto alterna como continua de tensión más baja, ajustando la intensidad según el trabajo a ejecutar.

El operario encargado de trabajar con soldadura eléctrica deberá estar adiestrado en su manejo, seguir las recomendaciones y prohibiciones y mantener el equipo en un estado óptimo para poder realizarlos con total seguridad y normalidad, prestando especial atención a los elementos de seguridad.

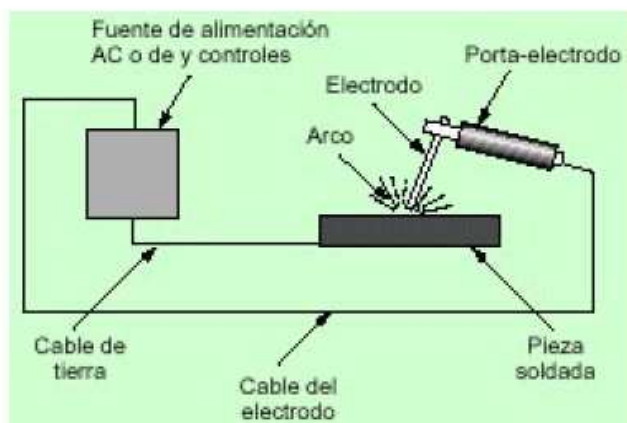


**Figura 148:** Operación de soldadura.

### 1.1.- Características técnicas de la soldadura:

#### *Arco eléctrico:*

Para unir dos metales de igual o parecida naturaleza mediante soldadura eléctrica al arco, es necesario calor y material de aporte (electrodos). El calor se obtiene mediante el mantenimiento de un arco eléctrico entre el electrodo y la pieza a soldar (masa). En este arco eléctrico a cada valor de la intensidad de corriente, corresponde una determinada tensión en función de su longitud. La relación intensidad/tensión nos da la característica del arco. Para el encendido se necesita una tensión comprendida entre 40 y 110 V; esta tensión va descendiendo hasta valores de mantenimiento comprendidos entre 15 y 35 V, mientras que la intensidad de corriente aumenta notablemente, presentando todo el sistema una característica descendente, lo que unido a la limitación de la intensidad de corriente cuando el arco se ha cebado exige, para el perfecto control de ambas variables, la utilización de las máquinas eléctricas de soldadura [13].



**Figura 149:** Componentes en la soldadura.

*Equipos eléctricos de soldar:*

Están formadas por el circuito de alimentación y el equipo propiamente dicho. Sirven para reducir la tensión de red (220 o 380 V) a la tensión de cebado (entre 40 y 100 V) y de soldeo (< 35 V) permitiendo regular la intensidad de la corriente de soldadura, asegurando el paso de la tensión de cebado a la de soldeo de forma rápida y automática. El circuito de alimentación está compuesto por un cable y clavija de conexión a la red y funcionando a la tensión de 220/380 V según los casos e intensidad variable.

*Equipo de soldadura:*

En función del tipo de corriente del circuito de soldeo el equipo consta de partes diferentes. En equipos de corriente alterna, transformador y convertidor de frecuencia; en equipos de corriente continua, rectificador (de lámparas o seco) y convertidor (conmutatrices o grupos eléctricos).

Los equipos eléctricos de soldar más importantes son los convertidores de corriente alterna-continua y corriente continua-continua, los transformadores de corriente alterna-corriente alterna, los rectificadores y los transformadores convertidores de frecuencia. Además de tales elementos existen los cables de pinza y masa, el portaelectrodos y la pinza-masa, a una tensión de 40 a 100 V, que constituyen el circuito de soldeo.

1.2.- Riesgos y factores de riesgo.Riesgos de accidente:

Los principales riesgos de accidente son los derivados del empleo de la corriente eléctrica, las quemaduras y el incendio y explosión.

El contacto eléctrico directo puede producirse en el circuito de alimentación por deficiencias de aislamiento en los cables flexibles o las conexiones a la red o a la máquina y en el circuito de soldadura cuando está en vacío (tensión superior a 50 V).

El contacto eléctrico indirecto puede producirse con la carcasa de la máquina por algún defecto de tensión.

Las proyecciones en ojos y las quemaduras pueden tener lugar por proyecciones de partículas debidas al propio arco eléctrico y las piezas que se están soldando o al realizar operaciones de descascarillado

La explosión e incendio puede originarse por trabajar en ambientes inflamables o en el interior de recipientes que hayan contenido líquidos inflamables o bien al soldar recipientes que hayan contenido productos inflamables.

Riesgos higiénicos

Básicamente son tres: las exposiciones a radiaciones ultravioleta y luminosas, la exposición a humos y gases y la intoxicación por fosgeno.

Las exposiciones a radiaciones ultravioleta y luminosas son producidas por el arco eléctrico.

La inhalación de humos y gases tóxicos producidos por el arco eléctrico es muy variable en función del tipo de revestimiento del electrodo o gas protector y de los materiales base y de aporte y puede consistir en exposición a humos (óxidos de hierro, cromo, manganeso, cobre, etc.) y gases (óxidos de carbono, de nitrógeno, etc.).

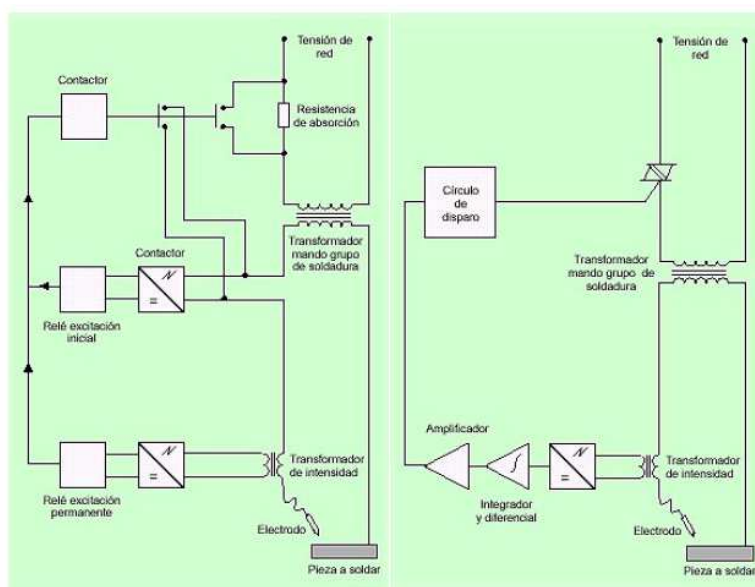
Finalmente, puede ocurrir intoxicación por fosgeno cuando se efectúan trabajos de soldadura en las proximidades de cubas de desengrase con productos clorados o sobre piezas húmedas con dichos productos.

### 1.3.- Sistemas de prevención y protección.

#### Contactos eléctricos directos e indirectos:

##### *Equipo de soldar:*

La máquina de soldar puede protegerse mediante dos sistemas, uno electromecánico (Sistema de protección electromecánica) que consiste en introducir una resistencia en el primario del transformador de soldadura (resistencia de absorción) para limitar la tensión en el secundario cuando está en vacío y otro electrónico. (Sistema de protección electrónica) que se basa en limitar la tensión de vacío del secundario del transformador introduciendo un TRIAC en el circuito primario del grupo de soldadura. En ambos casos se consigue una tensión de vacío del grupo de 24 V, considerada tensión de seguridad.



**Figura 150:** Circuitos para tensión de seguridad.

**Pinza portaelectrodos:** La pinza debe ser la adecuada al tipo de electrodo utilizado y que además sujete fuertemente los electrodos. Por otro lado debe estar bien equilibrada por su cable y fijada al mismo de modo que mantenga un buen contacto. Asimismo el aislamiento del cable no se debe estropear en el punto de empalme.

**Circuito de acometida:** Los cables de alimentación deben ser de la sección adecuada para no dar lugar a sobrecalentamientos. Su aislamiento será suficiente para una tensión > 1000 V. Los bornes de conexión de la máquina y la clavija de enchufe deben estar aislados.

**Circuito de soldadura:** Los cables del circuito de soldadura al ser más largos deben protegerse contra proyecciones incandescentes, grasas, aceites, etc., para evitar arcos o circuitos irregulares.

Carcasa: La carcasa debe conectarse a una toma de tierra asociada a un interruptor diferencial que corte la corriente de alimentación en caso de que se produzca una corriente de defecto.

#### Radiaciones ultravioleta y luminosas:

Se deben utilizar mamparas de separación de puestos de trabajo para proteger al resto de operarios. El material debe estar hecho de un material opaco o translúcido robusto. La parte inferior debe estar al menos a 50 cm del suelo para facilitar la ventilación. Se debería señalar con las palabras: PELIGRO ZONA DE SOLDADURA, para advertir al resto de los trabajadores.

El soldador debe utilizar una pantalla facial con certificación de calidad para este tipo de soldadura, utilizando el visor de cristal inactínico cuyas características varían en función de la intensidad de corriente empleada. Para cada caso se utilizará un tipo de pantalla, filtros y placas filtrantes que deben reunir una serie de características función de la intensidad de soldeo. Las definiciones de los factores de transmisión vienen dadas en la ISO 4007 y su determinación está descrita en el cap. 5 de la ISO 4854. Los factores de transmisión de los filtros utilizados para la soldadura y las técnicas relacionadas vienen relacionadas en la Tabla 1 de la ISO 4850. En las pantallas deberá indicar clara e indeleblemente la intensidad de la corriente en amperios para la cual está destinada.

#### Proyecciones y quemaduras:

Se deben emplear mamparas metálicas de separación de puestos de trabajo para que las proyecciones no afecten a otros operarios. El soldador debe utilizar pantalla de protección. El filtro de cristal inactínico debe ser protegido mediante la colocación en su parte anterior de un cristal blanco.

#### Exposición a humos y gases

Se debe instalar un sistema de extracción localizada por aspiración que capta los vapores y gases en su origen con dos precauciones: en primer lugar, instalar las aberturas de extracción lo más cerca posible del lugar de soldadura; en segundo, evacuar el aire contaminado hacia zonas donde no pueda contaminar el aire limpio que entra en la zona de operación.

Intoxicación por fosgeno: No se deben realizar operaciones de soldadura en las proximidades de cubas de desengrase con productos clorados o sobre piezas húmedas.

#### 1.4.-Prohibiciones:

No se deben bloquear los pasillos. Los conductores deben estar situados en alto o recubiertos para no tropezar con ellos. Los cables y conductores no deben obstruir los pasillos, escaleras u otras zonas de paso. El puesto de soldadura no debe situarse cerca de puentes-grúa o sobre los pasillos.

No sustituir los electrodos con las manos desnudas, con guantes mojados o en el caso de estar sobre una superficie mojada o puesta a tierra; tampoco se deben enfriar los portaelectrodos sumergiéndolos en agua.

No se deben efectuar trabajos de soldadura cerca de lugares donde se estén realizando operaciones de desengrasado, pues pueden formarse gases peligrosos. Tampoco se permitirá soldar en el interior de contenedores, depósitos o barriles mientras no hayan sido limpiados completamente y desgasificados con vapor. Es conveniente también prever una toma de tierra local en la zona de trabajo.

No accionar el conmutador de polaridad mientras el puesto de soldadura esté trabajando; se debe cortar la corriente previamente antes de cambiar la polaridad.

### 1.5.- Equipo de protección individual.

#### *Equipo y ropa:*

El equipo de protección individual está compuesto por: pantalla de protección de la cara y ojos; guantes de cuero de manga larga con las costuras en su interior; mandil de cuero; polainas; calzado de seguridad tipo bota, preferiblemente aislante; casco y/o cinturón de seguridad, cuando el trabajo así lo requiera.

La ropa de trabajo será de pura lana o algodón ignífugo. Las mangas serán largas con los puños ceñidos a la muñeca; además llevará un collarín que proteja el cuello. Es conveniente que no lleven bolsillos y en caso contrario deben poderse cerrar herméticamente. Los pantalones no deben tener dobladillo, pues pueden retener las chipas producidas, pudiendo introducirse en el interior del calzado de seguridad.

### 2.- Taladro manual.

Taladro sin percusión: herramienta eléctrica destinada a taladrar diferentes materiales como metales, madera, materiales sintéticos, etc.

Taladro con percusión: herramienta eléctrica destinada a taladrar especialmente hormigón, piedra y otros materiales duros similares (específicamente sobre piedra, mampostería, materiales duros y trabajos ocasionales de perforación en hormigón). Dispone de un mecanismo de carraca o engranajes dentados de impulsión de efecto axial, que se superpone al rotativo realizado por el husillo de accionamiento, también el impulsor puede ser neumático.



**Figura 151:** Taladro manual.

#### 2.1.- Riesgos

- Caída de objetos por manipulación.
- Golpes y contactos con elementos móviles de la máquina.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos eléctricos.
- Posturas forzadas.
- Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes químicos: polvo.
- Riesgo de daños a la salud derivados de la exposición a agentes físicos: ruidos y vibraciones.

#### 2.2.- Normas Generales.

- Utilizar taladros con el marcado CE prioritariamente o adaptados al Real Decreto 1215/1997.



- Es necesaria formación específica para la utilización de este equipo.
- Seguir las instrucciones del fabricante.
- Mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Deben evitarse o minimizarse las posturas forzadas y los sobreesfuerzos durante el trabajo.
- Antes de empezar a trabajar, limpiar los posibles derrames de aceite o combustible que puedan existir.
- Evitar la presencia de cables eléctricos en las zonas de paso.
- Evitar entrar en contacto con el accesorio de giro en rotación.
- Se tiene que disponer de empuñadura auxiliar para una mejor sujeción y de interruptor con freno de inercia, de forma que al dejar de apretar se pare la máquina de manera automática.
- Tienen que ser reparados por personal autorizado.
- La conexión o suministro eléctrico se tiene que realizar con manguera antihumedad.
- Las operaciones de limpieza y mantenimiento se han de efectuar previa desconexión de la red eléctrica o de la batería.
- Realizar estas operaciones con equilibrio estable, colocando de forma correcta los pies.
- Se ha de escoger la broca adecuada para el material que se tenga que agujerear.
- Se tienen que sustituir inmediatamente las herramientas gastadas o agrietadas.
- Desconectar este equipo de la red eléctrica o extraer la batería, cuando no se utilice.
- Realizar mantenimientos periódicos de estos equipos.
- El cambio del accesorio tiene que realizarse con el equipo parado.
- Hay que verificar que los accesorios están en perfecto estado antes de su colocación.
- Escoger el accesorio más adecuado para cada aplicación.

### 2.3.- Protecciones colectivas.

- Se han de almacenar estos equipos en lugares cubiertos, fuera de las zonas de paso y preferiblemente con su embalaje original.

### 2.4.- Equipos de protección individual.

- Casco.
- Protectores auditivos: tapones o auriculares.
- Gafas.
- Mascarilla.
- Guantes contra agresiones mecánicas y vibraciones.
- Calzado de seguridad.
- Ropa de trabajo.

### 3.- Amoladora o Radial.

Las amoladoras y las miniamoladoras son máquinas eléctricas portátiles que se utilizan para cortar, desbastar y pulir, especialmente en los trabajos de mampostería y metal.

Los trabajos de materiales en superficies grandes, o los trabajos intensivos en superficies duras, se suelen realizar con amoladoras y discos grandes que permiten cortes más rectos y limpios.

Para trabajos ligeros, o cuando no se tiene una buena accesibilidad con la máquina, es muy útil recurrir a las miniamoladoras cuando hay que realizar cortes en perfiles metálicos, desbastar cordones de soldadura, o lijar en pequeñas superficies.



**Figura 152:** Radial o amoladora.

Además de su tamaño, se deben tener en cuenta las prestaciones de la máquina. Las amoladoras o radiales y las miniamoladoras que disponen de control electrónico de velocidad se adaptan mejor al trabajo con diferentes materiales y permiten utilizar una gran variedad de accesorios.

*Los principales tipos de disco para acoplar son:*

Segmentado: se utiliza para cortar piedras naturales abrasivas, baldosas, baldosines, carpintería, cemento, hormigón, vigas y viguetas, mampostería, mosaicos, fibra de vidrio, ladrillos cerámicos, refractario blando y teja colonial. Todo ello en seco.

Turbo (Laser): es aplicable en granito, mármol, piedras naturales duras, baldosas, hormigón, hormigón armado, vigas y viguetas, mosaicos, fibra de vidrio, cerámica blanda, cerámica dura y esmaltada, ladrillos cerámicos, porcelanas, refractario blando, refractario duro, teja francesa esmaltada y teja colonial. También en seco.

Continuo: se utiliza para cortar granito, mármol, piedras naturales duras, fibra de vidrio, azulejos, cerámica blanda, cerámica dura y esmaltada, cristales y vidrios, porcelanas, porcelanatos, refractario duro, teja francesa esmaltada y teja colonial. Este tipo de disco puede cortar tanto en seco como en húmedo.

### 3.1.- Riesgos:

- Golpes y/o cortes tanto con la propia máquina (principalmente con el disco) como con el material a trabajar.
- Atrapamientos con partes móviles de la máquina.
- Proyección de fragmentos o partículas (virutas, esquirlas, etc.).
- Inhalación del polvo producido en las operaciones de amolado, especialmente cuando se trabaja sobre superficies tratadas con cromato de plomo, minio, u otras sustancias peligrosas.
- Ruido y vibraciones.
- Contactos eléctricos tanto directos como indirectos.

### Origen de los riesgos:

- Mala elección del disco (discos de diámetro distinto al admitido por la máquina, número de revoluciones no adecuado, disco impropio para el material a trabajar, etc.), disco en mal estado (agrietado o deteriorado) o montaje defectuoso del mismo. Todo ello puede dar lugar a la rotura y proyección de fragmentos, que pueden afectar a cualquier parte del cuerpo y especialmente a los ojos.
- Utilización inadecuada de la máquina (velocidad tangencial demasiado elevada, dirección inadecuada del corte, soltar la máquina sin parar, etc.) que puede dar lugar a contactos involuntarios con la herramienta.

- Esfuerzos excesivos sobre la máquina que conducen al bloqueo del disco.
- Existencia de polvo procedente del material trabajado y de las muelas.
- No utilización de sistema de extracción de polvo.
- Mal funcionamiento de la máquina. Las anomalías más usuales son:
- Ausencia de movimiento por avería de los componentes mecánicos o de los elementos de alimentación (interruptor defectuoso, cortes en los cables, etc.).
- Ruido o vibraciones excesivas debido generalmente a un problema de rodamientos o a un montaje defectuoso de la muela.
- Potencia insuficiente o calentamiento anormal porque se está requiriendo de la máquina más potencia de la que admite, la tensión de alimentación es insuficiente, existen contactos eléctricos defectuosos, las escobillas o motores están en mal estado, ventilación inadecuada, etc.
- Posturas inadecuadas o trabajo en posición inestable. Pueden producirse caídas al mismo o distinto nivel debidas a desequilibrios inducidos por reacciones imprevistas de la máquina. En general, en todas las herramientas rotativas existe el riesgo de que el cuerpo de la máquina tienda a girar en sentido contrario al de trabajo cuando la herramienta de corte se atasca. El par de giro producido en un atasco tiene que ser soportado por el operador, a menos que se transmita a la pieza trabajada y ésta salga despedida.
- Presencia de personas (o instalaciones sensibles) próximas a la zona de trabajo.
- Defectos en el cable de alimentación (originados en muchas ocasiones por transportar la máquina colgada del mismo o por la acción de la muela), tomas de corriente inadecuadas o corte involuntario de conducciones eléctricas.

### 3.2.- Normas generales:

- Es obligatorio respetar en todo momento las recomendaciones de seguridad hechas por los fabricantes en sus manuales.
- Utilizar indumentaria adecuada, evitando ropa floja o deshilachada y accesorios que puedan engancharse a las partes móviles de la máquina.
- Es imprescindible aspirar el polvo que se produce durante el amolado. Hay radiales que llevan incorporado un sistema de extracción en la propia máquina o permiten el acoplamiento de uno.
- No utilizar la máquina sin el protector ni cuando la diferencia entre el diámetro interior del protector y el diámetro exterior del disco sea superior a 25 mm.
- Evitar la presencia de cuerpos extraños entre el disco y el protector.
- Colocar pantallas de protección contra proyecciones alrededor de la zona de trabajo, especialmente cuando se realicen tareas de desbarbado.
- Parar inmediatamente la máquina después de cada fase de trabajo.
- Tomar precauciones para evitar la puesta en marcha imprevista de la máquina.
- Indicar a la persona responsable del equipo, cualquier anomalía que se detecte en la máquina y retirar de servicio, de modo inmediato, cualquier radial en caso de deterioro o cuando se perciban vibraciones anormales.

### 3.3.- Equipos de protección individual.

Los equipos de protección individual de uso obligatorio cuando se trabaja con amoladoras o radiales son los siguientes:

- GAFAS DE SEGURIDAD INTEGRALES (que permitan el uso de gafas graduadas) que protejan contra impactos de alta energía, incluso si provienen de ángulos laterales. Es conveniente que tengan tratamiento antivaho.

- GUANTES ANTICORTE si la manipulación del material a trabajar puede dar lugar a cortes.
- MANDIL de cuero grueso cuando sea necesario adoptar posturas peligrosas, para minimizar el riesgo de un contacto fortuito del disco con el cuerpo.
- MÁSCARILLA AUTOFILTRANTE contra partículas si se genera polvo y no se cuenta con un equipo provisto de un sistema de extracción eficaz.
- OREJERAS de protección contra el ruido, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

**ANEXOS**



1.- Código para Pic en ASM.

```

;-----;
;-----***"Rodillo Auto-generator"***-----;
;-----;
;-----Rubén Hernández Martín-----;
;-----;
;----- T.F.G en Electrónica Industrial y Automática -----;

```

```

LIST      P=PIC16F877A
INCLUDE "P16F877A.INC"

```

```

; Registros

```

```

DATOSERIE      EQU    0X020
DELAY          EQU    0X021
BYTEL          EQU    0X022
BYTEH          EQU    0X023
DELAY1         EQU    0X024
DELAY2         EQU    0X025
TENSION        EQU    0X026
VALMAXTEN      EQU    0X027
CONTA01        EQU    0X028
INTEN          EQU    0X029

```

```

; inicio

```

```

    org    0x00
    goto   INICIO
    org    0x04
    goto   INTER

```

```

; Se transmite vía serie el dato que está en el registro W

```

```

TX_DATO        bcf      PIR1,TXIF          ; Restaura el flag del transmisor
               movwf    TXREG              ; Mueve el byte a transmitir al registro de transmisión
               bsf      STATUS,RP0         ; Bank01
               bcf      STATUS,RP1
TX_DAT_W        btfs    TXSTA,TRMT         ; ¿Byte transmitido?
               goto     TX_DAT_W           ; No, esperar
               bcf      STATUS,RP0         ; Si, vuelta a Bank00
               return

```

## ; Pwm para control del par

```

PARPWM    bsf          STATUS,5          ; Banco 1.
           movlw       b'01100011'      ; valor para 50khz
           movwf       PR2
           bcf          STATUS,5          ; Banco 0.
           movf         DATOSERIE,W      ; valor que vendrá de la App.
           movwf       CCP1L             ;Registros necesarios para el PWM.
           movlw       b'00001100'
           movwf       CCP1CON
           movlw       b'00000100'
           movwf       T2CON
           goto         VOLVER

```

## ; Tratamiento de la interrupción

```

INTER     bcf          STATUS,5
           btfs         PIR1,RCIF        ;Saltamos si hay interrupción por datos de entrada.
           goto         TIMER            ;Si no es por datos es por el desbordamiento del TMR0.
           goto         RECEPCION        ;Subrutina para recepción del dato.
TIMER     decf          CONTA01,F         ;Decrementamos para el retardo a la desconexión de la R
           decfsz       DELAY,F          ;Decrementamos y saltamos si es 0.
           goto         NO1SEG           ;No ha pasado el tiempo necesario
           decfsz       DELAY1,F         ;Volvemos a decrementar para conseguir el tiempo.
           goto         NO1SEG           ;Vuelta para ampliar el tiempo.
SI1SEG    bcf          T1CON,0
           movf         TMR1L,0          ;Volcamos el conteo del TMR1 que son las revoluciones.
           movwf       BYTEL
           movf         TMR1H,0
           movwf       BYTEH
           movlw       .61               ;Cargo los valores de los contadores y retardos.
           movwf       TMR0
           movlw       .100
           movwf       DELAY
           movlw       .1
           movwf       DELAY1
           bcf          INTCON,2         ; Limpiar los flags de Interrupción y registros.
           clrf         TMR1L
           clrf         TMR1H
           bsf          T1CON,0
           call         VISUALIZA

```



	movf	BYTEL,0	;se mueve el dato actual de revoluciones
	btfss	STATUS,Z	;se compara con 0.
	goto	PARPWM	;Si es > 0 aplicamos PWM.
	goto	FINPWM	;Si es = 0 paramos la intensidad por el rotor.
RECEPCION	bcf	PIR1,RCIF	; Si, reponer flag de recepción.
	movf	RCREG,W	; Lectura del dato recibido
	movwf	DATOSERIE	
VOLVER	retfie		;Fin de la Interrupción.
FINPWM	bcf	STATUS,5	;Parar la salida del pic PWM.
	bcf	PORTC,2	
	clrf	CCP1CON	
	clrf	T2CON	
	goto	VOLVER	
NO1SEG	movlw	b'00000000'	;Todavía no ha transcurrido el tiempo.
	movwf	TMR0	;Cargamos el dato en el contador.
	bcf	INTCON,2	;Limpiamos el Flag
	goto	VOLVER	;Fin de interrupción.
VISUALIZA	movf	BYTEL,0	;Subrutina para enviar los datos por el puerto serie.
	call	TX_DATO	
	movlw	.255	
	call	TX_DATO	
	movf	TENSION,0	
	call	TX_DATO	
	movlw	.111	
	call	TX_DATO	
	movf	INTEN,0	
	call	TX_DATO	
	return		
RETARDOCONV	clrf	CONTA01	;Tiempo necesario para convertir la entrada analógica.
	movlw	0X21	
	movwf	CONTA01	
BUCLE01	decfsz	CONTA01,1	
	goto	BUCLE01	
	return		
; Comienzo del programa principal			
INICIO	bsf	STATUS,5	; Bank01
	clrf	INTCON	;Se prohíben las interrupciones hasta configurar los puertos.

```

movlw      B'00001001'
movwf      ADCON1      ;Configuración de entradas y salidas.
movlw      b'00000011'
movwf      TRISA        ; configuración del Port A
clrf       TRISB        ; PORTB como salida
movlw      b'10000001'   ; RC7/RX entrada,Rc2 salida
movwf      TRISC        ; RC6/TX salida
clrf       TRISE        ; Puerto D y E como salida.
clrf       TRISD
movlw      b'00100100'   ; Configuración USART
movwf      TXSTA        ; y activación de transmisión
movlw      b'10000001'   ; 9600 baudios
movwf      SPBRG
bcf        PIE1,ADIE     ;interrupción por conversión
bsf        PIE1,RCIE
movlw      b'11000111'
movwf      OPTION_REG   ; Habilita interrupción en recepción
clrf       ADRESL
bcf        STATUS,RP0    ; Bank00
movlw      b'10010000'   ; Configuración del USART para recepción continua
movwf      RCSTA        ; Puesta en ON
movlw      b'00000010'
movwf      T1CON        ; Configuración del Timer para contar pulsos externos.
clrf       PORTC        ; Limpiar Registros y salidas.
clrf       TMR1L
clrf       TMR1H
clrf       ADRESH
movlw      b'11101100'   ; Se carga el dato del valor máximo de tensión.
movwf      VALMAXTEN
movlw      .61           ;Valores para el conteo de los temporizadores y retardos.
movwf      TMR0
bsf        T1CON,0
movlw      .100
movwf      DELAY
movlw      .1
movwf      DELAY1
movlw      b'11100000'
movwf      INTCON        ;interrupciones en general habilitadas.
CONVTEN    bcf          STATUS,5      ;Convertimos la señal de tensión de la batería.

```

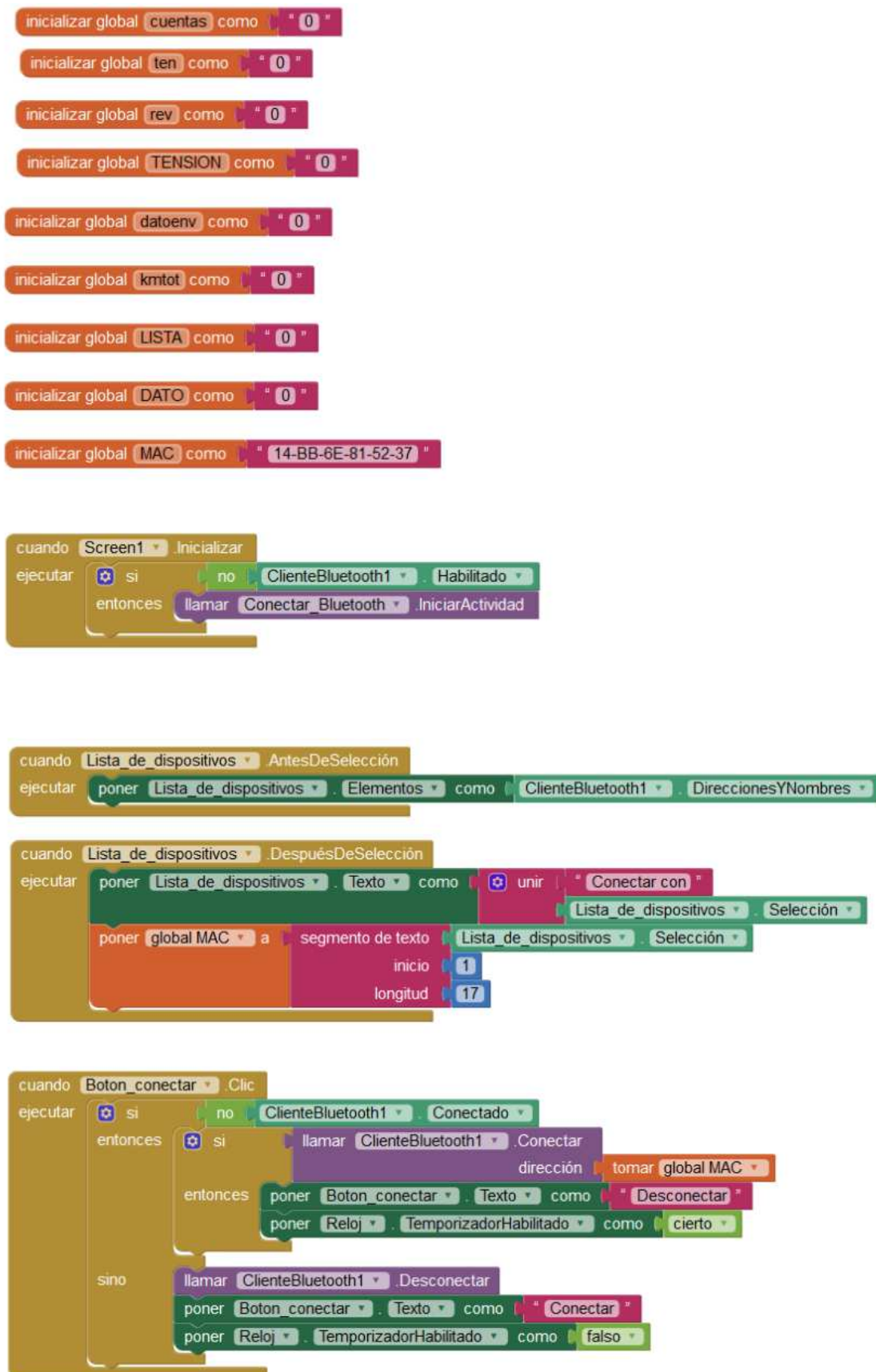
```

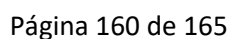
movlw    b'10000001'    ;configuración de la entrada.
movwf    ADCON0
call     RETARDOCONV    ;Retardo necesario para conversión.
bsf      ADCON0,2
BUCLE    btfsc    ADCON0,2    ;Flag de aviso de conversión.
        goto     BUCLE
COMPTEN  movf     ADRESH,W    ;Comparamos la tensión con la máxima permitida.
        movwf    TENSION
        movf     VALMAXTEN,W
        subwf    TENSION,W
        btfsc    STATUS,C    ;Salto para desconectar resistencia.
        goto     CONRES
        goto     DESCONRES
CONRES   bsf      PORTE,1    ;Conectamos la resistencia y volvemos a mirar el voltaje.
        goto     CONV TEN
DESCONRES clrf     CONTA01    ;Desconectamos la resistencia.
        movlw    b'11111111'
        movwf    CONTA01
BUCLE02  movf     CONTA01,W    ;Bucle a través de la interrupción para que la
        btfss    STATUS,Z    ;resistencia este un tiempo conectada.
        goto     BUCLE02
        bcf      PORTE,1
CONVINT  bcf      STATUS,5    ;Convertimos la entrada analógica de la intensidad.
        movlw    b'10001001'
        movwf    ADCON0    ;Selección de la entrada.
        call     RETARDOCONV    ;Retardo necesario para la conversión.
        bsf      ADCON0,2
BUCLE03  btfsc    ADCON0,2    ;Fin de la conversión???
        goto     BUCLE03
        movf     ADRESH,W    ;Mover el valor de la intensidad
        movwf    INTEN
        goto     CONV TEN    ;Vuelta a convertir tensión.
end      ;Fin

```

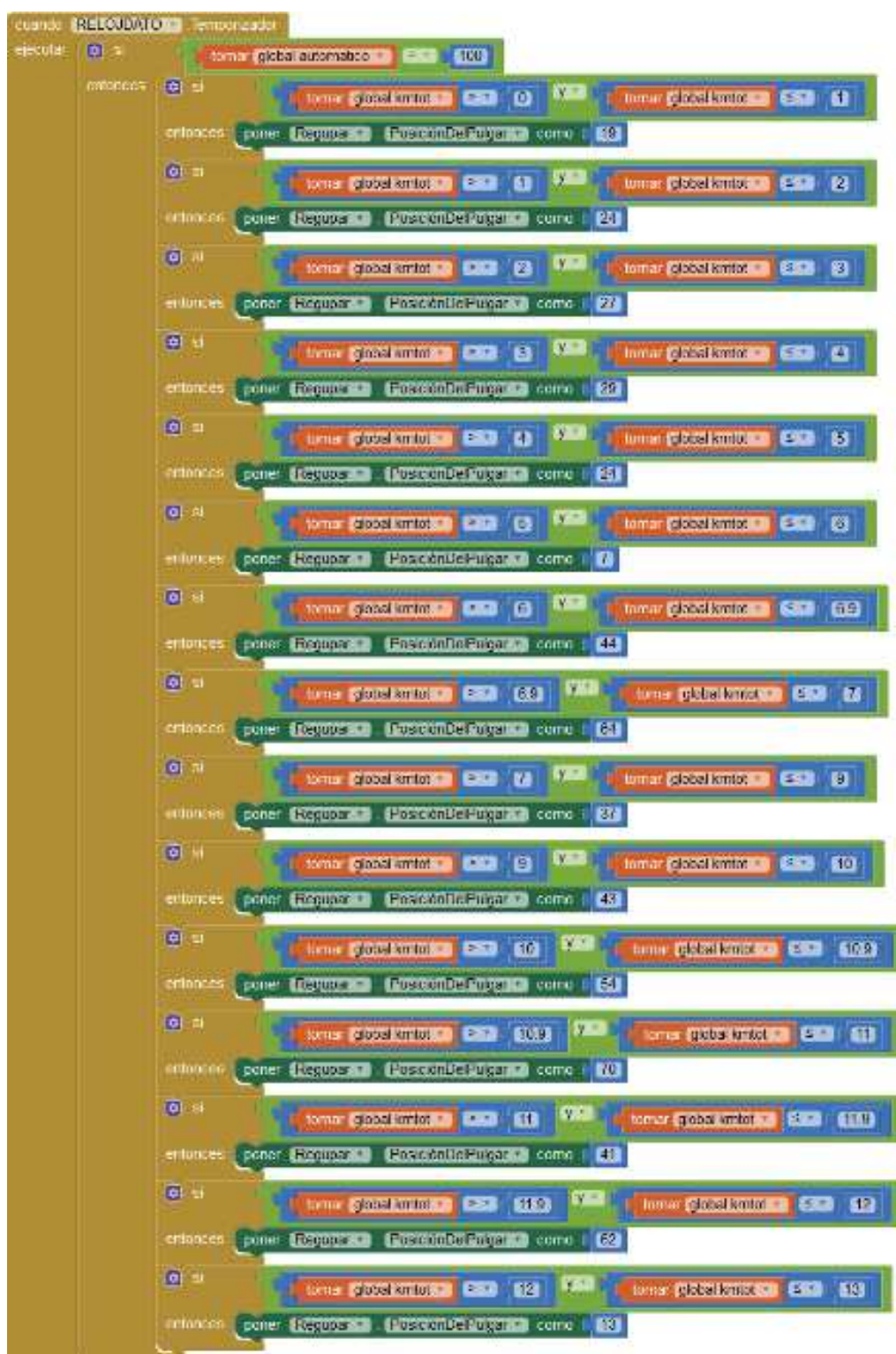


## 2.- Código App Inventor para Android.













### 3.- Índice de Figuras.

<b>Figura 1:</b> Evolución de la generación eléctrica de España [1] .....	9
<b>Figura 2:</b> Vista del alternador Bosch año 2000 [2] .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Figura 3:</b> Grafica de evolución de consumo eléctrico de un vehículo. ....	12
<b>Figura 4:</b> Tensión alterna inducida.....	13
<b>Figura 5:</b> Formas de conexión de los devanados. ....	13
<b>Figura 6:</b> Componentes del Alternador.....	14
<b>Figura 7:</b> Despiece del Alternador.....	14
<b>Figura 8:</b> Conjunto rectificador. ....	15
<b>Figura 9:</b> Curvas del puente rectificador.....	15
<b>Figura 10:</b> Bobina del rotor. ....	16
<b>Figura 11:</b> Disposición de polos y anillos rozantes.....	16
<b>Figura 12:</b> Circuito de pre excitación. ....	17
<b>Figura 13:</b> Circuito de excitación.....	17
<b>Figura 14:</b> Distintas versiones de reguladores con escobillas.....	18
<b>Figura 15:</b> Curva de carga del regulador. ....	18
<b>Figura 16:</b> Esquema del regulador. ....	19
<b>Figura 17:</b> Carga multietapa. [3] .....	19
<b>Figura 18:</b> Placa de identificación. ....	20
<b>Figura 19:</b> Rendimientos y pérdidas del alternador.....	21
<b>Figura 20:</b> Miguel Induráin en 1994 [6]. ....	23
<b>Figura 21:</b> Rodillo de entrenamiento B'twin.....	24
<b>Figura 22:</b> Características y grafica del rodillo B'twin.....	25
<b>Figura 23:</b> Sistema magnético manual.....	25
<b>Figura 24:</b> Diferentes tamaños de rueda [6]. ....	25
<b>Figura 25:</b> Diámetros de rueda y parte rodante. ....	26
<b>Figura 26:</b> Despiece de la parte rodante.....	27
<b>Figura 27:</b> Placa Identificación. ....	27
<b>Figura 28:</b> Ejemplo de reductora en el inducido.....	28
<b>Figura 29:</b> Corona y satélites de la reductora. ....	28
<b>Figura 30:</b> Conjunto rodillo, multiplicadora, alternador .....	29
<b>Figura 31:</b> Pic 16F876A.....	29
<b>Figura 32:</b> Sensor de intensidad y circuito.....	30
<b>Figura 33:</b> Sensor de revoluciones. ....	31
<b>Figura 34:</b> Esquema del sensor de rpm.....	31
<b>Figura 35:</b> Driver L298N. ....	32
<b>Figura 36:</b> Convertidor DC-DC.....	32
<b>Figura 37:</b> Sensor de tensión. ....	32
<b>Figura 38:</b> Batería de automoción. ....	33
<b>Figura 39:</b> Inversor DC/AC y sus características. ....	33
<b>Figura 40:</b> Calefacción eléctrica de automoción.....	34
<b>Figura 41:</b> Smartphone para el control de la App.....	34
<b>Figura 42:</b> Relación de los distintos elementos. ....	34
<b>Figura 43:</b> Izq. Rotor y bobinas del estator. Der. Tapa donde se aloja uno de los rodamientos. ....	35
<b>Figura 44:</b> Izq. Rotor con anillos rozantes. Der. Rodamientos del alternador. ....	35
<b>Figura 45:</b> Vista de los componentes del motor de arranque. ....	36
<b>Figura 46:</b> Multiplicador.....	36
<b>Figura 47:</b> Despiece del motor de arranque. ....	37
<b>Figura 48:</b> Despiece de la reductora. ....	38
<b>Figura 49:</b> Izq. Inducido una vez cortado. Der. Eje del inducido el cual será la salida del multiplicador.....	39
<b>Figura 50:</b> Tapa de accionamiento cortada.....	39

<b>Figura 51:</b> Carcasa con los topes guía. Centro: conjunto cerrado. Der: carcasa cortada del estator. ....	39
<b>Figura 52:</b> Arandelas de ajuste 0,2 mm .....	40
<b>Figura 53:</b> Izq. Girando el eje con el taladro. Der. Acoplamiento rígido en el eje del alternador.....	41
<b>Figura 54:</b> Izq. Acoplamiento en el multiplicador. Der: Parte rodante unido al multiplicador.....	41
<b>Figura 55:</b> Izq. Acople entre alternador y eje del multiplicador. Der. Conjunto acoplado. ....	42
<b>Figura 56:</b> Montaje de la varilla y sus soportes.....	42
<b>Figura 57:</b> Puntos de soldadura y soportes.....	43
<b>Figura 58:</b> Cámara de bici enrollada. ....	44
<b>Figura 59:</b> Conjunto montado.....	44
<b>Figura 60:</b> Piezas cortadas, lijadas y pintadas. ....	45
<b>Figura 61:</b> Alternador y multiplicador acoplados.....	45
<b>Figura 62:</b> contrapeso de hierro macizo. ....	46
<b>Figura 63:</b> Izq. Conjunto regulador. Der. Anulación del borne D+. ....	46
<b>Figura 64:</b> Resistencia y ventilador. ....	47
<b>Figura 65:</b> Relé de accionamiento.....	47
<b>Figura 66:</b> Soporte de la electrónica y batería. ....	48
<b>Figura 67:</b> Diferentes conectores.....	48
<b>Figura 68:</b> Conectores .....	49
<b>Figura 69:</b> Conector de 5 polos en panel. ....	49
<b>Figura 70:</b> Bornes de batería.....	49
<b>Figura 71:</b> Seta de emergencia.....	50
<b>Figura 72:</b> Características del fusible. ....	53
<b>Figura 73:</b> pistas en la placa perforada. ....	54
<b>Figura 74:</b> Distribución de los componentes electrónicos.....	55
<b>Figura 75:</b> Circuito con transistor.....	56
<b>Figura 76:</b> Diodo soldado al relé. ....	56
<b>Figura 77:</b> Sensor de revoluciones. ....	57
<b>Figura 78:</b> Distribución de los elementos en el panel.....	57
<b>Figura 79:</b> Resistencias para el divisor de tensión. ....	58
<b>Figura 80:</b> Descripción del patillaje 16F876A.....	61
<b>Figura 81:</b> Comunicación interna del Pic.....	63
<b>Figura 82:</b> Ejemplo de envío del dato. ....	65
<b>Figura 83:</b> Icono de Mplab Ide. ....	67
<b>Figura 84:</b> Pickit 3 y accesorios. ....	68
<b>Figura 85:</b> Terminales de conexión para la comunicación.....	69
<b>Figura 86:</b> Pantalla de inicio MPLAB. ....	70
<b>Figura 87:</b> Selección del PIC. ....	70
<b>Figura 88:</b> Dispositivos que soporta.....	71
<b>Figura 89:</b> Creando el proyecto.....	71
<b>Figura 90:</b> Ubicar el archivo. ....	72
<b>Figura 91:</b> Archivos del proyecto. ....	72
<b>Figura 92:</b> Tipo de lenguaje para programar. ....	72
<b>Figura 93:</b> Menú herramientas. ....	73
<b>Figura 94:</b> Crear el archivo fuente. ....	73
<b>Figura 95:</b> Ejemplo de código en ASM. ....	74
<b>Figura 96:</b> Guardar el archivo fuente.....	75
<b>Figura 97:</b> Diferentes colores de los elementos en ASM. ....	75
<b>Figura 98:</b> Insertar varios archivos de código. ....	76
<b>Figura 99:</b> Para modificar el archivo. ....	76
<b>Figura 100:</b> Icono para ensamblar el archivo.....	76
<b>Figura 101:</b> Ensamblar mediante la ruta normal. ....	77
<b>Figura 102:</b> Ventana output de comprobación.....	77
<b>Figura 103:</b> Se ensambla correctamente.....	78

<b>Figura 104:</b> Ejemplo de ensamblado incorrecto. ....	78
<b>Figura 105:</b> Ruta para deshabilitar la sensibilidad. ....	79
<b>Figura 106:</b> Casilla para la deshabilitación. ....	80
<b>Figura 107:</b> Simulador de MPLAB. ....	80
<b>Figura 108:</b> Opciones de simulación habilitadas. ....	81
<b>Figura 109:</b> Diferentes ventanas de registros internos. ....	82
<b>Figura 110:</b> Opción para simular entradas externas. ....	83
<b>Figura 111:</b> Configuración de Bits. ....	84
<b>Figura 112:</b> Configuración del programador. ....	84
<b>Figura 113:</b> Configuración de la alimentación. ....	85
<b>Figura 114:</b> Iconos rápidos para cargar el programa. ....	85
<b>Figura 115:</b> Ruta normal para cargar el programa. ....	85
<b>Figura 116:</b> Pantalla principal de Pic Simulator. ....	86
<b>Figura 117:</b> Diferentes pestañas del programa. ....	86
<b>Figura 118:</b> Registros y puertos del Pic. ....	87
<b>Figura 119:</b> Herramientas y simulador del puerto serie. ....	87
<b>Figura 120:</b> Osciloscopio y generador de señal. ....	88
<b>Figura 121:</b> Módulo HC05. ....	89
<b>Figura 122:</b> Comunicación Bluetooth para el Rodillo. ....	89
<b>Figura 123:</b> Pantalla principal App Inventor. ....	90
<b>Figura 124:</b> Paleta y vista de la pantalla principal de la App. ....	91
<b>Figura 125:</b> componentes y propiedades para su configuración. ....	91
<b>Figura 126:</b> Opciones para configurar la comunicación. ....	92
<b>Figura 127:</b> La ventana bloques de programación. ....	92
<b>Figura 128:</b> Menú control en la pestaña bloques. ....	93
<b>Figura 129:</b> Ejemplo de las distintas posibilidades de programación. ....	93
<b>Figura 130:</b> Operar con números en App Inventor. ....	94
<b>Figura 131:</b> Formas de poder tratar el texto. ....	94
<b>Figura 132:</b> Posibilidades que tenemos al hacer listas. ....	95
<b>Figura 133:</b> Menú variables. ....	95
<b>Figura 134:</b> Ejemplo de las opciones de la casilla velocidad. ....	96
<b>Figura 135:</b> Pantalla principal del programa. ....	96
<b>Figura 136:</b> Configuración de la velocidad del puerto. ....	97
<b>Figura 137:</b> Pantalla inicial de Proteus. ....	97
<b>Figura 138:</b> Parte del esquema del Rodillo simulado en Proteus. ....	98
<b>Figura 139:</b> Diagrama de Flujo. ....	100
<b>Figura 140:</b> gráfico desnivel del Angliru [11]. ....	101
<b>Figura 141:</b> Apariencia de la App. ....	102
<b>Figura 142:</b> Pantalla de información de la App. ....	103
<b>Figura 143:</b> Imagen del Rodillo Auto-generador. ....	103
<b>Figura 144:</b> Vista lateral del Rodillo con la bici. ....	104
<b>Figura 145:</b> Imagen desde la parte delantera. ....	105
<b>Figura 146:</b> Relación tensión intensidad. ....	111
<b>Figura 147:</b> Acoplamiento de la bici. ....	131
<b>Figura 148:</b> Operación de soldadura. ....	144
<b>Figura 149:</b> Componentes en la soldadura. ....	144
<b>Figura 150:</b> Circuitos para tensión de seguridad. ....	146
<b>Figura 151:</b> Taladro manual. ....	148
<b>Figura 152:</b> Radial o amoladora. ....	150

4.- Índice de tablas.

<b>Tabla 1:</b> Intensidades máximas en (A) .....	51
<b>Tabla 2:</b> Rango para el cálculo de los fusibles.....	53
<b>Tabla 3:</b> Densidad de corriente por mm <sup>2</sup> .....	54
<b>Tabla 4:</b> Parámetros del 7815.....	55
<b>Tabla 5:</b> Instrucciones en Ensamblador. ....	64
<b>Tabla 6:</b> Tabla resumen del simulador.....	81
<b>Tabla 7:</b> Valores de pendiente y porcentaje PWM. ....	102
<b>Tabla 8:</b> Secciones de los distintos circuitos. ....	107
<b>Tabla 9:</b> Rangos de intensidades nominales. ....	108
<b>Tabla 10:</b> Tabla de fusibles elegidos. ....	108
<b>Tabla 11:</b> Revoluciones de los ejes. ....	109
<b>Tabla 12:</b> Tiempos del microcontrolador [12]. ....	109
<b>Tabla 13:</b> Presupuesto sistema mecánico.....	134
<b>Tabla 14:</b> Presupuesto sistema eléctrico. ....	134
<b>Tabla 15:</b> Presupuesto sistema electrónico. ....	135
<b>Tabla 16:</b> presupuesto total.....	135